

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-014213

(43)Date of publication of application : 15.01.2004

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 2002-163882

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
TOYOTA INDUSTRIES CORP

(22)Date of filing : 05.06.2002

(72)Inventor : FUJITA NOBUO  
ISOGAI YOSHIHIRO  
KUBO HIDEOTO

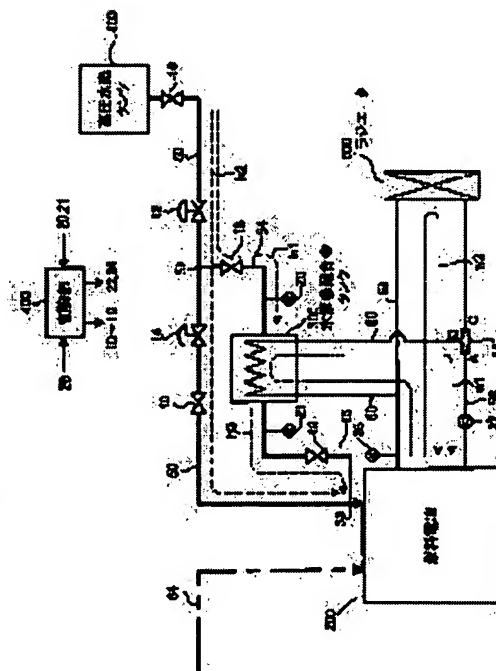
## (54) FUEL CELL SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel cell system whose energy efficiency is good and whose fuel cell temperature is set at desired temperature without requiring a large capacity battery.

**SOLUTION:** Hydrogen gas is supplied to a hydrogen storage alloy tank 300 from a high-pressure hydrogen tank 100, and the hydrogen gas is absorbed in the hydrogen storage alloy tank 300. As the hydrogen storage alloy tank 300 generates heat by absorbing the hydrogen gas, the heat generated is conveyed to the fuel cell 200 by cooling water which circulates between the hydrogen storage alloy tank 300 and the fuel cell 200. Thereby the temperature of the fuel cell 200 is raised.

The hydrogen gas supplying to the hydrogen storage alloy tank 300 is stopped at the timing that the temperature  $T_w$  of the cooling water reaches supplying stop temperature  $T_{tag}$  before reaching the warming-up level temperature  $T_{tag}$ , supplying quantity of the hydrogen gas to the hydrogen storage alloy tank 300 can be reduced comparing to a case that the hydrogen gas is supplied continuously to the hydrogen storage alloy tank 300 until temperature  $T_w$  of the cooling water reaches warming-up level temperature  $T_{tag}$ .



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is the fuel cell system equipped with a hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and a fuel cell which generates power in response to supply of said hydrogen gas, A hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

It prepares for a pan,

By supplying said hydrogen gas to said hydrogen storing metal alloy tank from said hydrogen tank, and carrying out occlusion of this hydrogen gas to said hydrogen storing metal alloy tank To predetermined timing before making the heat which was made to generate heat and was generated by this hydrogen storing metal alloy tank transmit to said fuel cell by said heat exchange data medium, raising temperature of this fuel cell and temperature of said fuel cell turning into aim temperature after that While suspending supply of said hydrogen gas from said hydrogen tank to said hydrogen storing metal alloy tank,

Said predetermined timing is a fuel cell system characterized by being set as timing which can raise temperature of said fuel cell beyond said aim temperature by making the sensible heat of said hydrogen storing metal alloy tank transmit to said fuel cell by said heat exchange data medium after supply interruption of said hydrogen gas.

[Claim 2]

In a fuel cell system according to claim 1,

Said predetermined timing is a fuel cell system characterized by being the timing to

which temperature of said fuel cell reached a supply interruption temperature lower than said aim temperature set up beforehand.

[Claim 3]

In a fuel cell system according to claim 1,

Said predetermined timing is a fuel cell system characterized by being the timing to which the amount of addition of said hydrogen gas supplied to said hydrogen storing metal alloy tank reached an amount set up beforehand.

[Claim 4]

It is the fuel cell system equipped with a hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and a fuel cell which generates power in response to supply of said hydrogen gas, A hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

At least two regulators for being prepared into the 1st [ for supplying said hydrogen gas to said fuel cell from said hydrogen tank ] hydrogen gas passageway, and decompressing said hydrogen gas,

It prepares for a pan,

While supplying this hydrogen gas that was made to emit said hydrogen gas by which occlusion is carried out to this hydrogen storing metal alloy tank by making heat which said fuel cell generates transmit to said hydrogen storing metal alloy tank by said heat exchange data medium, and was emitted to said fuel cell and using for generating of said power,

The 2nd hydrogen gas passageway for supplying said hydrogen gas to said fuel cell from said hydrogen storing metal alloy tank is a fuel cell system characterized by joining said 1st hydrogen gas passageway between a regulator of a side nearest to said fuel cell, and \*\* in said fuel cell and said 1st hydrogen gas passageway.

[Claim 5]

In a fuel cell system according to claim 4,

A juncture of said 1st hydrogen gas passageway and said 2nd hydrogen gas passageway is a fuel cell system characterized by being near the feed hopper of said hydrogen gas of said fuel cell.

[Claim 6]

In a fuel cell system according to claim 4,

A fuel cell system characterized by having a check valve which pours said hydrogen gas

in an one direction from said hydrogen storing metal alloy Tanggu to said fuel cell side only when a pressure of said hydrogen storing metal alloy Tanggu becomes higher than a pressure by the side of said fuel cell into said 2nd hydrogen gas passageway.

[Claim 7]

It is the fuel cell system equipped with a hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and a fuel cell which generates power in response to supply of said hydrogen gas, A hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium through heat exchange data-medium passage, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

It prepares for a pan,

While said heat exchange section is equipped with a radiator which can cool said heat exchange data medium compulsorily,

Said heat exchange data-medium passage is a fuel cell system characterized by consisting only of the 2nd heat exchange data-medium passage which connects heat exchange data-medium passage, and said the 1st fuel cell and said radiator which connects said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank.

[Claim 8]

Vehicles characterized by carrying a fuel cell system of one publication of arbitration of claim 1 thru/or the claims 7.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs]

This invention relates to the fuel cell system which can make temperature of a fuel cell into a desired temperature especially about the fuel cell system equipped with the hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and the fuel cell which generates power in response to supply of hydrogen gas.

[0002]

[Description of the Prior Art]

When using the vehicles carrying the fuel cell system equipped with the high-pressure hydrogen tank and the fuel cell for a winter season in a cold district, since ambient

temperature is very low (for example, less than 0 degree C), before starting of a fuel cell system, a possibility that the inside of a fuel cell may have frozen (for example, the electrolyte film etc. has frozen) is, and a fuel cell cannot be operated if it remains as it is. Therefore, at the time of starting of a fuel cell system, after raising the temperature of a fuel cell to ordinary temperature (for example, 0 degrees C or more) and making the inside of a fuel cell thaw, it is necessary to operate a fuel cell.

[0003]

Therefore, in the former, in such a case, the electric heater or the combustion heater was used, and the method of heating the cooling water which circulates through the inside of the main part of a fuel cell or a fuel cell was taken.

[0004]

Moreover, in the former, when the temperature of a fuel cell did not go up easily to a proper temperature after the fuel cell operated, the method same with having described above was taken.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, for example, by the method using an electric heater, in order to supply power to an electric heater, the problem that it was necessary to carry a mass battery was in vehicles.

[0006]

Moreover, by the method using a combustion heater, in order to supply and burn the hydrogen gas which is the fuel which should be supplied to a fuel cell at a combustion heater, the fuel (namely, hydrogen gas) of the part will only be used for combustion, and will be used for power generating in a fuel cell at all. Therefore, the energy which the fuel of the part has was seen from a viewpoint of power generating, and had the problem of being lost. In addition, in supplying the conserved power to an electric heater and making an electric heater heat after storing the power generated with the fuel cell in a battery, when an electric heater is used, the same problem occurs.

[0007]

Although the time amount of after operation termination of a fuel cell and a certain degree can maintain the temperature of a fuel cell at a proper temperature by the method of starting although the method of covering the whole fuel cell with a heat insulator etc. as the other methods further again, and keeping a fuel cell warm is also considered, if it passes for a long time, in order for any to fall to ambient temperature, it is necessary to raise the temperature of a fuel cell to a proper temperature also in this case at the time of starting.

[0008]

Therefore, without solving the trouble of the above-mentioned conventional technology and requiring a mass battery, the purpose of this invention can be made into the temperature of a request of the temperature of a fuel cell, and is to offer the fuel cell

system which can use energy efficiently moreover.

[0009]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effect]

In order to attain a part of above-mentioned purpose [ at least ], the 1st fuel cell system of this invention is a fuel cell system equipped with the hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and the fuel cell which generates power in response to supply of said hydrogen gas,

The hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

It prepares for a pan,

By supplying said hydrogen gas to said hydrogen storing metal alloy tank from said hydrogen tank, and carrying out occlusion of this hydrogen gas to said hydrogen storing metal alloy tank To the predetermined timing before making the heat which was made to generate heat and was generated by this hydrogen storing metal alloy tank transmit to said fuel cell by said heat exchange data medium, raising the temperature of this fuel cell and the temperature of said fuel cell turning into aim temperature after that While suspending supply of said hydrogen gas from said hydrogen tank to said hydrogen storing metal alloy tank,

Said predetermined timing makes it a summary to be set as the timing which can raise the temperature of said fuel cell beyond said aim temperature by making the sensible heat of said hydrogen storing metal alloy tank transmit to said fuel cell by said heat exchange data medium after the supply interruption of said hydrogen gas.

[0010]

Thus, in the 1st fuel cell system, hydrogen gas is supplied to a hydrogen storing metal alloy tank from a hydrogen tank, and occlusion of the hydrogen gas is carried out to a hydrogen absorption tank. If occlusion of the hydrogen gas is carried out, since a hydrogen storing metal alloy will produce exothermic reaction, a hydrogen storing metal alloy tank generates heat. The temperature of a fuel cell is raised by making this generated heat transmit to a fuel cell by heat exchange data medium through which the heat exchange section circulates.

[0011]

Therefore, a fuel cell can be operated, after raising the temperature of a fuel cell to ordinary temperature and making the inside of a fuel cell thaw at the time of starting,

even when according to the 1st fuel cell system ambient temperature is very low like a winter season and the inside of a fuel cell has frozen before starting of a fuel cell system, for example. A mass battery is not needed, either, while the electric heater and combustion heater which were used in the former become unnecessary, since the temperature of a fuel cell is raised using the heat generated at this time in case occlusion of the hydrogen gas is carried out to a hydrogen absorption tank.

[0012]

Moreover, as compared with a case so that it may continue supplying hydrogen gas to a hydrogen storing metal alloy tank, the amount of supply of the hydrogen gas to a hydrogen storing metal alloy tank can be lessened until the temperature of a fuel cell reaches aim temperature, in order to stop to the above-mentioned timing before the temperature of a fuel cell turns into aim temperature, in case supply of the hydrogen gas to a hydrogen storing metal alloy tank is suspended.

[0013]

In the 1st fuel cell system, said predetermined timing may be the timing to which the temperature of said fuel cell reached a supply interruption temperature lower than said aim temperature set up beforehand, and may be the timing to which the amount of addition of said hydrogen gas supplied to said hydrogen storing metal alloy tank reached the amount set up beforehand.

[0014]

Before the temperature of a fuel cell turns into aim temperature by using such timing, supply of the hydrogen gas to a hydrogen storing metal alloy tank can be stopped to proper timing.

[0015]

The 2nd fuel cell system of this invention is a fuel cell system equipped with the hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and the fuel cell which generates power in response to supply of said hydrogen gas,

The hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

At least two regulators for being prepared into the 1st [ for supplying said hydrogen gas to said fuel cell from said hydrogen tank ] hydrogen gas passageway, and decompressing said hydrogen gas,

It prepares for a pan,



While supplying this hydrogen gas that was made to emit said hydrogen gas by which occlusion is carried out to this hydrogen storing metal alloy tank by making the heat which said fuel cell generates transmit to said hydrogen storing metal alloy tank by said heat exchange data medium, and was emitted to said fuel cell and using for generating of said power,

The 2nd hydrogen gas passageway for supplying said hydrogen gas to said fuel cell from said hydrogen storing metal alloy tank makes it a summary to join said 1st hydrogen gas passageway between the regulator of the side nearest to said fuel cell, and \*\* in said fuel cell and said 1st hydrogen gas passageway.

[0016]

Therefore, in the 2nd fuel cell system, the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank is supplied to a fuel cell, without passing along a regulator. Even if the pressure of a hydrogen storing metal alloy tank is a low pressure, hydrogen gas can be supplied to a fuel cell from a hydrogen storing metal alloy tank. For this reason, the amount of possible occlusion of the hydrogen gas in a hydrogen storing metal alloy tank can be increased, and the total amount of the pyrexia from a hydrogen storing metal alloy tank can be enlarged.

[0017]

As for the juncture of said 1st hydrogen gas passageway and said 2nd hydrogen gas passageway, in the 2nd fuel cell system, it is desirable that it is near the feed hopper of said hydrogen gas of said fuel cell.

[0018]

By making it such a configuration, the passage length from the hydrogen storing metal alloy tank 300 to a fuel cell also becomes short, and the pressure loss resulting from passage length can be suppressed.

[0019]

In the 2nd fuel cell system, only when the pressure of said hydrogen storing metal alloy Tanggu becomes higher than the pressure by the side of said fuel cell into said 2nd hydrogen gas passageway, it is desirable to have the check valve which pours said hydrogen gas in an one direction from said hydrogen storing metal alloy Tanggu to said fuel cell side.

[0020]

If the pressure of hydrogen storing metal alloy Tanggu becomes higher than the pressure by the side of a fuel cell by having such a check valve, supply of the hydrogen gas from a hydrogen storing metal alloy tank to a fuel cell will be started automatically, and if it becomes low, since supply of the hydrogen gas will be suspended automatically, the valve control by a control section etc. can be made unnecessary.

[0021]

The 3rd fuel cell system of this invention is a fuel cell system equipped with the hydrogen tank which supplies hydrogen gas, and the fuel cell which generates power in

response to supply of said hydrogen gas,

The hydrogen storing metal alloy tank which it has a hydrogen storing metal alloy, and occlusion of this hydrogen gas is carried out with said hydrogen storing metal alloy, or said hydrogen gas in which this hydrogen storing metal alloy carried out occlusion is emitted, and can supply said fuel cell in response to supply of said hydrogen tank to said hydrogen gas,

The heat exchange section with possible making said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank circulate through heat exchange data medium through heat exchange data-medium passage, and making heat exchange perform between said fuel cells and said hydrogen storing metal alloy tanks at least,

It prepares for a pan,

While said heat exchange section is equipped with the radiator which can cool said heat exchange data medium compulsorily,

Said heat exchange data-medium passage makes it a summary to consist only of the 2nd heat exchange data-medium passage which connects heat exchange data-medium passage, and said the 1st fuel cell and said radiator which connects said fuel cell and said hydrogen storing metal alloy tank.

[0022]

thus, since the 1st heat exchange data-medium passage can be used as bypass passage for bypassing a radiator the 1st heat exchange data-medium passage which connects a fuel cell and a hydrogen storing metal alloy tank for heat exchange data-medium passage, the 2nd heat exchange data-medium passage which connects a fuel cell and a radiator, and by coming out and constituting, bypass passage is not needed separately.

[0023]

In addition, this invention can also be realized in the mode as vehicles which carried such a system, without restricting to modes, such as the above-mentioned fuel cell system.

[0024]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in order of the following based on an example.

A. Configuration of an example :

B. Temperature up actuation and normal operation :

C. Playback actuation :

D. Cooling actuation :

E. Modification :

[0025]

A. Configuration of an example :

Drawing 1 is the block diagram showing the fuel cell structure of a system as one example of this invention.

[0026]

The fuel cell system of this example is carried in vehicles, such as an automobile, and is mainly equipped with the high-pressure hydrogen tank 100 which supplies hydrogen gas, the fuel cell 200 which generates power in response to supply of hydrogen gas, and the hydrogen storing metal alloy tank 300 which carries out occlusion of the hydrogen gas, or emits the hydrogen gas which carried out occlusion.

[0027]

Among these, the high-pressure hydrogen tank 100 has filled up the interior with high-pressure hydrogen gas, and if the shut bulb 10 attached in the origin is opened, the hydrogen gas which has the pressure of about 20 to 35 MPa will be emitted.

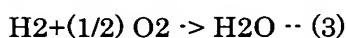
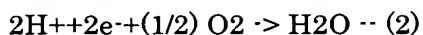
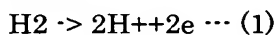
[0028]

The fuel cell 200 is generating a lifting and power for electrochemical reaction on a hydrogen pole and an oxygen pole according to a reaction formula as shown below in response to supply of the hydrogen gas containing hydrogen, and supply of the oxidation gas (for example, air) containing oxygen.

[0029]

That is, if hydrogen gas is supplied to a hydrogen pole and oxidation gas is supplied to an oxygen pole, respectively, the reaction of a formula (1) will occur in a hydrogen pole side, the reaction of a formula (2) will occur in an oxygen pole side, respectively, and the reaction of a formula (3) will be performed as the whole fuel cell.

[0030]



[0031]

When using such a fuel cell 200 as a source of power of vehicles, with the power generated from the fuel cell 200, a motor (not shown) is driven, the generating torque is transmitted to an axle (not shown), and the driving force of vehicles is obtained.

[0032]

moreover, two or more single cels have stack structure by which the laminating was carried out, a fuel cell 200 comes out of one single cel with an electrolyte film (not shown), the hydrogen pole and oxygen pole which is a diffusion electrode (not shown) which puts it from both sides, and the separator (not shown) of two sheets which puts them from both sides further, and it is constituted. Irregularity is formed in both sides of a separator and the gas passageway in a single cel is formed in them between the hydrogen poles and oxygen poles which were put. Among these, to the gas passageway in a single cel in which the hydrogen gas supplied to the gas passageway in a single cel formed between hydrogen poles as mentioned above is formed between oxygen poles, oxidation gas is flowing, respectively.

[0033]

since an internal pressure falls the more the more the hydrogen storing metal alloy tank 300 has the hydrogen storing metal alloy (not shown) inside and an internal temperature becomes low temperature -- a hydrogen storing metal alloy -- hydrogen gas -- occlusion -- carrying out -- being easy -- since an internal pressure is improved the more the more an internal temperature becomes an elevated temperature, a hydrogen storing metal alloy becomes easy to emit the hydrogen gas which carried out occlusion. In case a hydrogen storing metal alloy carries out occlusion of the hydrogen gas, it produces exothermic reaction and generates heat. On the contrary, in case the hydrogen gas which carried out occlusion is emitted, endothermic reaction is produced and heat is absorbed. Therefore, the interior of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is cooled by the heat exchange system later mentioned in case occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and in case the hydrogen gas which carried out occlusion from the hydrogen storing metal alloy tank 300 is made to emit, the interior of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is heated by the heat exchange system.

[0034]

In addition, the fuel cell system of this example is equipped with the hydrogen gas passageway for circulating hydrogen gas within a system, the oxidation gas passageway 64 for similarly circulating oxidation gas within a system, the heat exchange system that controls the temperature of a fuel cell 200 or the hydrogen storing metal alloy tank 300 by circulating cooling water, and the control section 400 as shown in drawing 1 .

[0035]

Among these, the hydrogen gas passageway is equipped with the branch discharge-current way 56 which connects the branch feeder current way 54 which connects the main stream passage 50 from emission opening of the high-pressure hydrogen tank 100 to the feed hopper of a fuel cell 200 through the branch point 52 and a juncture 53, and the branch point 52 and the feed hopper of the hydrogen storing metal alloy tank 300, and emission opening and the juncture 53 of the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0036]

In the main stream passage 50, the shut bulb 10, and a regulator 12 and \*\* are arranged between emission opening of the high-pressure hydrogen tank 100, and a turning point 52, and a regulator 14, and the shut bulb 16 and \*\* are arranged between the turning point 52 and the juncture 53. In addition, the juncture 53 is formed near the feed hopper of a fuel cell 200. Moreover, the shut bulb 18, and a flow rate sensor 20 and \*\* are arranged on the branch feeder current way 54, and the shut bulb 19, and a pressure sensor 21 and \*\* are arranged on the branch discharge-current way 56. Among these, a flow rate sensor 20 is a sensor which detects the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300. Moreover, a pressure sensor 21 is a sensor which detects the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the

hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0037]

on the other hand, a heat exchange system comes out with Water pump 22, a radiator 500, and a circulating-water-flow way, and is constituted. Among these, the circulating-water-flow way is equipped with the main stream passage 58 which connects a fuel cell 200 and a radiator 500, and the branch passage 60 which branches from the main stream passage 58 and results in the hydrogen storing metal alloy tank 300, and it does not have other passage. The cooling water which processed non-<sup>\*\*</sup> is flowing in these circulating-water-flows way.

[0038]

In the main stream passage 58, others, a coolant temperature sensor 26, and the switch bulb 24 and <sup>\*\*</sup> are arranged. [ Water pump / 22 / which was mentioned above ] Among these, a coolant temperature sensor 26 is a sensor which detects the temperature Tw of the cooling water emitted from a fuel cell 200. Since the temperature of the cooling water immediately after emitting from a fuel cell 200 does not almost have a difference with the temperature of a fuel cell 200, it can be considered that the temperature Tw of the cooling water detected by this coolant temperature sensor 26 is the temperature of a fuel cell 200. Moreover, the switch bulb 24 has the 1st mode (namely, mode in which cooling water is poured to the branch passage 60) which connects Path A with Path B, the 2nd mode (namely, mode in which cooling water is poured at a radiator 500) which connects Path A with Path C, and the 3rd mode (namely, mode in which cooling water is poured at both the branch passage 60 and the radiator 500) which connects Path A with both paths B and C. In addition, in the 3rd mode at least, the flow rate of the cooling water poured to the branch passage 60 side and the flow rate of the cooling water poured to a radiator 500 side can be adjusted by changing the opening of a bulb, respectively.

[0039]

Moreover, a control section 400 controls each bulbs 10, 12, 14, 16, 18, 19, and 24 and Water pump 22, respectively while inputting the detection result from a flow rate sensor 20, a pressure sensor 21, and a coolant temperature sensor 26. In drawing 1 , in order to make a drawing legible, the control line etc. is omitted.

[0040]

In this example in addition, the high-pressure hydrogen tank 100 To the hydrogen tank in this invention, a fuel cell 200 To the fuel cell in this invention, the hydrogen storing metal alloy tank 300 On the hydrogen storing metal alloy tank in this invention, a heat exchange system Cooling water to heat exchange data medium in this invention at the heat exchange section in this invention regulators 12 and 14 The main stream passage 50 is equivalent to the regulator in this invention at the 1st hydrogen gas passageway in this invention at the 2nd hydrogen gas passageway [ in / in the branch discharge-current way 56 / this invention ], respectively.

[0041]

B. Temperature up actuation and normal operation :

Then, the actuation at the time of starting in the fuel cell system of this example is explained using drawing 2 . Drawing 2 is a flow chart which shows the operations sequence at the time of starting in the fuel cell system of drawing 1 .

[0042]

All the shut bulbs 10, 16, 18, and 19 of a hydrogen gas passageway are closed before starting of a fuel cell system. Moreover, among circulating-water-flow ways, the switch bulb 24 serves as the 1st mode, and also Water pump 22 has suspended it. Moreover, the hydrogen storing metal alloy tank 300 is the state of the sky which has not carried out occlusion of the hydrogen gas.

[0043]

Then, first, if a fuel cell system is started, a control section 400 will drive Water pump 22 of a circulating-water-flow way while opening the shut bulb 10 of the main stream passage 50 among hydrogen gas passageways (step S102). If the shut bulb 10 opens, hydrogen gas will be emitted from the high-pressure hydrogen tank 100, and the emitted hydrogen gas will reach the main stream passage 50. Moreover, if Water pump 22 drives, cooling water will begin to flow.

[0044]

Next, a control section 400 inputs the detection result from a coolant temperature sensor 26, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water is lower than the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  (step S104). Here, as a warming-up aim temperature  $T_{tag}$ , about 0 degree C which is the temperature into which ice melts is set up, for example.

[0045]

Since there is a possibility that the temperature of a fuel cell 200 may be low and the inside of a fuel cell 200 may have frozen, as a result of a judgment when the temperature  $T_w$  of cooling water is lower than the warming-up aim temperature  $T_{tag}$ , temperature up actuation is started.

[0046]

That is, a control section 400 closes the shut bulb 16 of the main stream passage 50, and the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 among hydrogen gas passageways, respectively, and opens the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54. And the occlusion flag mentioned later is set further (step S106).

[0047]

If the shut bulb 16 of the main stream passage 50 is closed and the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54 opens, as an arrow head h1 shows, the hydrogen gas which was emitted from the high-pressure hydrogen tank 100, and reached the main stream passage 50 will pass along the branch feeder current way 54 from the branch point 52, and will be supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0048]

In addition, in the middle of the main stream passage 50, by passing along this regulator 12, about 1 or less MPa of high-pressure (namely, about 20 to 35 MPa) hydrogen gas which the regulator 12 for primary reduced pressure is formed, and was emitted from the high-pressure hydrogen tank 100 is decompressed, and it is supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0049]

On the other hand, it is the state of the sky which has not carried out occlusion of the hydrogen gas, and I hear that the temperature of cooling water is lower than the warming-up aim temperature  $T_{tag}$ , and ambient temperature's is low, and since the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is also in the low condition, the pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300 is very low as the hydrogen storing metal alloy tank 300 was mentioned above.

[0050]

Therefore, if the hydrogen gas of about 1 or less MPa is supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300, since the pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300 is very low, occlusion of the supplied hydrogen gas will be promptly carried out with the hydrogen storing metal alloy in the hydrogen storing metal alloy tank 300. In this way, exothermic reaction is produced and heat is generated as it mentioned above, when the hydrogen storing metal alloy carried out occlusion of the hydrogen gas.

[0051]

On the other hand, in a heat exchange system, since the switch bulb 24 serves as the 1st mode at the time of starting, after coming out of a fuel cell 200 like an arrow head w1, it circulates through cooling water in the path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, the branch passage 60, the hydrogen storing metal alloy tank 300, the branch passage 60, and the main stream passage 58.

[0052]

Therefore, since the heat generated by the hydrogen storing metal alloy tank 300 is transmitted to a fuel cell 200 from the hydrogen storing metal alloy tank 300 with the cooling water through which it circulates, a fuel cell 200 will be heated and will raise temperature.

[0053]

The temperature of a fuel cell 200 can be raised [ in / as mentioned above / the fuel cell system of this example ] by generating heat by the hydrogen storing metal alloy tank 300, and transmitting the generated heat to a fuel cell 200 by the heat exchange system by supplying and carrying out occlusion of the hydrogen gas emitted from the high-pressure hydrogen tank 100 at the time of starting to the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0054]

Moreover, if the temperature of cooling water itself is low when transmitting to a fuel

cell 200 and warming a fuel cell 200 with the cooling water which circulates through the heat generated by the hydrogen storing metal alloy tank 300, it is necessary to heat cooling water itself with the heat generated by the hydrogen storing metal alloy tank 300. However, since the switch bulb 24 is made into the 1st mode in the heat exchange system according to the fuel cell system of this example, it circulates through cooling water only in a path as shown in an arrow head w1, and it does not flow at a radiator 500. Therefore, since it will circulate through cooling water in the minimum path, there are little amount of the cooling water through which it circulates, and quantity of heat for becoming min, therefore heating cooling water, they end, and can raise the temperature of cooling water itself in a short time. Therefore, it becomes possible to raise the temperature of a fuel cell 200 early more with fewer energy.

[0055]

In addition, at step S106, since hydrogen gas is supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 from the high-pressure hydrogen tank 100 and occlusion is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, as mentioned above, a control section 400 sets the occlusion flag which shows that the hydrogen storing metal alloy tank 300 carried out occlusion of the hydrogen gas.

[0056]

Next, a control section 400 inputs the detection result from a flow rate sensor 20, determines the reduction temperature  $\alpha$  corresponding to the detected flow rate  $R_h$  using the map set up beforehand, and asks for supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  as a difference of the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  and its reduction temperature  $\alpha$  (step S108). Here, supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  is a temperature which determines the timing which stops supply of the hydrogen gas from the high-pressure hydrogen tank 100 to the hydrogen storing metal alloy tank 300. In addition, the back explains the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and the reduction temperature  $\alpha$  and the relation of \*\*.

[0057]

Then, a control section 400 inputs the detection result from a coolant temperature sensor 26 again, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water is more than supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  (step S110). If the temperature  $T_w$  of cooling water has not reached supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  as a result of the judgment, the above-mentioned judgment is repeated, and it stands by until it reaches supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$ .

[0058]

On the contrary, if the temperature  $T_w$  of cooling water has reached supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$ , a control section 400 will close the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54 among hydrogen gas passageways (step S112).

[0059]



As for the hydrogen gas currently supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 through the branch feeder current way 54 from the high-pressure hydrogen tank 100, supply will be suspended if the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54 closes. If supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 is suspended, in order to also stop the occlusion of the hydrogen gas by the hydrogen storing metal alloy within the hydrogen storing metal alloy tank 300, it stops also producing the exothermic reaction by occlusion. However, the switch bulb 24 in a heat exchange system is still the 1st mode, and circulates through cooling water between a fuel cell 200 and the hydrogen storing metal alloy tank 300. Moreover, the hydrogen storing metal alloy tank 300 also has the very large heat capacity of the hydrogen storing metal alloy which constitutes it, or a container. Therefore, in the hydrogen storing metal alloy tank 300, since the heat which the hydrogen storing metal alloy tank 300 held is emitted, it is transmitted to a fuel cell 200 from the hydrogen storing metal alloy tank 300 through the cooling water through which the emitted heat (sensible heat) circulates and a fuel cell 200 is succeedingly heated even if the exothermic reaction by occlusion stops arising, the temperature of a fuel cell 200 can be raised further.

[0060]

Drawing 3 is explanatory drawing showing the temperature change of cooling water before and after stopping supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300. In drawing 3, a horizontal axis shows the time amount from the time of supply initiation of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and the axis of ordinate shows the temperature of cooling water. In addition, as a temperature of cooling water, a continuous line is the temperature (fuel cell emission opening circulating water temperature)  $T_w$  of the cooling water emitted from a fuel cell 200, and a dashed line is temperature (hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature)  $T_w'$  of the cooling water emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300. Moreover, it is the case where a thick wire is this example, and is the case where it is the example of a comparison which a thin line mentions later.

[0061]

For example, supposing it seems that supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  called for at step S108 shows drawing 3, in the time of day  $t_1$  when the temperature  $T_w$  of the cooling water emitted from a fuel cell 200 became the supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$ , supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 will stop. Then, although hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature  $T_w'$  begins to descend gradually since it stops producing the exothermic reaction in the hydrogen storing metal alloy tank 300, since the sensible heat of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is transmitted to a fuel cell 200 from the hydrogen storing metal alloy tank 300 with the cooling water through which it circulates, a fuel cell 200 will be heated further and the fuel cell emission opening

circulating water temperature  $T_w$  will rise succeedingly.

[0062]

Next, a control section 400 inputs further the detection result from a coolant temperature sensor 26, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water is beyond the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  (step S114). If the temperature  $T_w$  of cooling water has not reached the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  as a result of the judgment, the above-mentioned judgment is repeated, and it stands by until it reaches the warming-up aim temperature  $T_{tag}$ .

[0063]

On the other hand, if the temperature  $T_w$  of cooling water has reached the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  as a result of the judgment, the temperature of a fuel cell 200 is also high enough, and since efficient operation is possible, normal operation will be started.

[0064]

that is, in drawing 3, after time of day  $t_1$ , hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature  $T_w'$  descends, the fuel cell emission opening circulating water temperature  $T_w$  rises, and the temperature of the cooling water through which it circulates is equalized gradually -- having -- just -- being alike -- in the warming-up aim temperature  $T_{tag}$ , hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature  $T_w'$  and the fuel cell emission opening circulating water temperature  $T_w$  are in agreement, and temperature  $T_w$  reaches the warming-up aim temperature  $T_{tag}$ . Then, a control section 400 opens the shut bulb 16 of the main stream passage 50 among hydrogen gas passageways, in order to start normal operation (step S116).

[0065]

Thus, as an arrow head  $h_2$  shows, the hydrogen gas which was emitted from the high-pressure hydrogen tank 100, and reached the main stream passage 50 when the shut bulb 16 of the main stream passage 50 opened after the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54 had closed passes along the main stream passage 50 as it is, and is supplied to a fuel cell 200.

[0066]

In addition, the hydrogen gas which the regulator 14 for secondary reduced pressure other than the regulator 12 for primary reduced pressure mentioned above is formed in the middle of the main stream passage 50, and passes along the main stream passage 50 as it is After about 1 or less MPa decompresses with the regulator 12 for primary reduced pressure, by passing along the regulator 14 further for secondary reduced pressure, finally, it decompresses to the supply pressure to a fuel cell, and a fuel cell 200 is supplied. In this way, by decompressing the high-pressure hydrogen gas emitted from the high-pressure hydrogen tank 100 in two steps, the fuel cell 200 is protected so that high-pressure hydrogen gas may not be directly supplied to a fuel cell 200.

[0067]

Moreover, oxidation gas is independently supplied to a fuel cell 200 through the oxidation gas passageway 64.

[0068]

In this way, a fuel cell 200 generates a lifting and power for electrochemical reaction on a hydrogen pole and an oxygen pole as it mentioned above, when hydrogen gas and oxidation gas were supplied to the fuel cell 200. In addition, since the electrochemical reaction which occurs at this time is exothermic reaction, the temperature of a fuel cell 200 rises by this.

[0069]

By the way, when the temperature  $T_w$  of cooling water is beyond the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  as a result of the judgment in step S104 mentioned above, at the time of starting initiation, the temperature of a fuel cell 200 is also high enough, and normal operation is already started, without starting temperature up actuation, since efficient operation is possible.

[0070]

Among hydrogen gas passageways, a control section 400 closes the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54, and the shut bulb 19 of the branch discharge current way 56, respectively, and, specifically, opens them with the shut bulb 16 of the main stream passage 50 (step S118).

[0071]

As an arrow head h2 shows, the hydrogen gas which was emitted from the high-pressure hydrogen tank 100, and reached the main stream passage 50 the same with having mentioned above when the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54 closes and the shut bulb 16 of the main stream passage 50 opens passes along the main stream passage 50 as it is, and is supplied to a fuel cell 200.

[0072]

Moreover, oxidation gas is independently supplied to the fuel cell 200 through the oxidation gas passageway 64.

[0073]

Thus, if hydrogen gas and oxidation gas are supplied to a fuel cell 200, a fuel cell 200 will generate a lifting and power for electrochemical reaction on a hydrogen pole and an oxygen pole. Since this electrochemical reaction is exothermic reaction as it was mentioned above, the temperature of a fuel cell 200 rises.

[0074]

On the other hand, in a heat exchange system, the switch bulb 24 serves as as [ the 1st mode ], and after cooling water comes out of a fuel cell 200 like an arrow head w1, it circulates through it in the path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, the branch passage 60, the hydrogen storing metal alloy tank 300, the branch passage 60, and the main stream passage 58. It is because the temperature

Tw of cooling water will not go up if cooling water is turned to a radiator 500 side when the temperature Tw of cooling water is still lower than stationary temperature.

[0075]

Since temperature up actuation is omitted when processing step S118, the hydrogen storing metal alloy tank 300 is still the state of the sky which has not carried out occlusion of the hydrogen gas. for this reason, the hydrogen storing metal alloy tank 300 -- a certain degree -- since a hydrogen storing metal alloy does not emit hydrogen gas even if it pours warm cooling water, the pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300 does not become high Therefore, the passage which consists of the branch passage 60 and the hydrogen storing metal alloy tank 300 can be used as the so-called bypass passage for bypassing a radiator 500 in this way.

[0076]

By the above, the actuation at the time of a series of startings shown in drawing 2 is ended.

[0077]

In this way, after shifting to normal operation, a control section 400 will switch the switch bulb 24 to the 2nd mode from the 1st mode, if the temperature Tw of cooling water rises to stationary temperature in connection with the temperature rise of a fuel cell 200, supervising the temperature Tw of cooling water through a coolant temperature sensor 26. Thereby, after cooling water comes out of a fuel cell 200 like an arrow head w2, it circulates through it in the path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, a radiator 500, and the main stream passage 58. Consequently, since it is cooled in a radiator 500, the cooling water by which the temperature up was carried out with the fuel cell 200 can maintain the temperature Tw of cooling water, as a result the temperature of a fuel cell 200 at stationary temperature.

[0078]

As mentioned above, if the temperature Tw of the cooling water emitted from a fuel cell 200 reaches supply interruption temperature Ttag-alpha only with the reduction temperature alpha lower than it instead of the warming-up aim temperature Ttag, he is trying to suspend supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 in this example. Therefore, as compared with a case so that it may continue supplying hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300, the amount of supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 can be lessened until the temperature Tw of cooling water reaches the warming-up aim temperature Ttag like the example of a comparison shown in drawing 3 with the thin line.

[0079]

Namely, although hydrogen gas will be supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 in the example of a comparison (thin line) in drawing 3 before the time of day t2 when the temperature Tw of cooling water reaches the warming-up aim temperature Ttag from the time of hydrogen gas supply initiation Since hydrogen gas is supplied

only for the between from the time of hydrogen gas supply initiation to the time of day  $t_1$  earlier than time of day  $t_2$  to the hydrogen storing metal alloy tank 300 in this example (thick wire), If the amount of supply of the hydrogen gas per unit time amount, i.e., a flow rate, is the same, in this example, the amount of supply of the hydrogen gas to be supplied between time amount  $t_2-t_1$  can be made fewer than the example of a comparison.

[0080]

Therefore, in this way, by this example, since there may also be few amounts of the hydrogen storing metal alloy in the part and the hydrogen storing metal alloy tank 300 by which there is little amount of supply of hydrogen gas, and it ends, weight reduction and a miniaturization of the hydrogen storing metal alloy tank 300 can be attained, and it becomes the thing excellent in the loading nature to vehicles.

[0081]

Next, the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and the reduction temperature  $\alpha$  and the relation of \*\* are explained. Drawing 4 is explanatory drawing having shown the temperature change of cooling water before and after stopping supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 by making into a parameter the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300, respectively. In drawing 4, a horizontal axis shows the time amount from the time of supply initiation of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and the axis of ordinate shows the temperature of cooling water. In addition, as a temperature of cooling water, a continuous line is the temperature (fuel cell emission opening circulating water temperature)  $T_w$  of the cooling water emitted from a fuel cell 200 like the case of drawing 3, and it is temperature (hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature)  $T_w'$  of the cooling water with which a dashed line is emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300. Moreover, the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 is small in order of  $R_{h1}$ ,  $R_{h2}$ , and  $R_{h3}$  ( $R_{h1} > R_{h2} > R_{h3}$ ).

[0082]

Since the calorific value in the hydrogen storing metal alloy tank 300 becomes large so that the flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 generally becomes large, as shown in drawing 4, as for hydrogen storing metal alloy tank emission opening circulating water temperature  $T_w'$ , the variation to time amount is large, so that a flow rate  $R_h$  is large. Moreover, for the reason, variation [ similarly as opposed to time amount in the direction of the fuel cell emission opening circulating water temperature  $T_w$  ] is large.

[0083]

In this example, beforehand for every flow rate  $R_h$  of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 The temperature characteristic of cooling water

as shown in drawing 4 is prepared. After the supply interruption of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 When the temperature of cooling water equalizes, the reduction temperature  $\alpha$  from which the temperature (namely,  $T_w$ ) turns into the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  is searched for experimentally, and the map showing the relation between a flow rate  $R_h$  and the reduction temperature  $\alpha$  is created.

[0084]

And a control section 400 determines the reduction temperature  $\alpha$  from a flow rate  $R_h$ , and he is trying to ask for supply interruption temperature  $T_{tag}$ - $\alpha$  using the map.

[0085]

C. Playback actuation :

Next, in the fuel cell system of this example, the playback actuation for reusing the hydrogen gas by which occlusion was carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 with a fuel cell 200 is explained using drawing 5 . Drawing 5 is a flow chart which shows the procedure of the playback actuation in the fuel cell system of drawing 1 .

[0086]

Although it is open, in the time of normal operation, the shut bulbs 10 and 16 of the main stream passage 50 have closed the shut bulb 18 of the branch feeder current way 54, and the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 among hydrogen gas passageways, as mentioned above. Moreover, the switch bulb 24 serves as the 1st or 2nd mode among circulating-water-flow ways.

[0087]

Initiation of the playback actuation shown in drawing 5 at the time of such normal operation judges whether as for the control section 400, the occlusion flag which shows first that occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 stands (step S202). If the occlusion flag does not stand as a result of the judgment, the playback actuation which occlusion of the hydrogen gas is not carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, but is shown in drawing 5 as it is since it is the state of the sky is ended.

[0088]

If the occlusion flag stands as a result of the judgment, since occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, playback actuation shown in drawing 5 is continued.

[0089]

Next, a control section 400 inputs the detection result from a coolant temperature sensor 26, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water is beyond the playback initiation temperature  $T_{rc}$  (step S204). Here, as a playback initiation temperature  $T_{rc}$ , about 50-80 degrees C is set up, for example.

[0090]

As a result of a judgment, when the temperature  $T_w$  of cooling water is lower than the playback initiation temperature  $T_{rc}$ , the above-mentioned judgment is repeated, and it stands by until it reaches the playback initiation temperature  $T_{rc}$ . On the contrary, if the temperature  $T_w$  of cooling water has reached the playback initiation temperature  $T_{rc}$ , a control section 400 will make the switch bulb 24 the 1st mode among circulating-water-flow ways (step S206).

[0091]

In a heat exchange system, if the switch bulb 24 serves as the 1st mode, after cooling water comes out of a fuel cell 200 like an arrow head w1, it will circulate through it in the path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, the branch passage 60, the hydrogen storing metal alloy tank 300, the branch passage 60, and the main stream passage 58.

[0092]

At this time, the temperature  $T_w$  of cooling water is over the playback initiation temperature  $T_{rc}$ , and in a fuel cell 200, since the heat generated according to electrochemical reaction is transmitted to the hydrogen storing metal alloy tank 300 from a fuel cell 200 with the cooling water through which it circulates, the hydrogen storing metal alloy tank 300 will be heated, and will raise temperature. Consequently, the pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300 becomes high, and a hydrogen storing metal alloy emits the hydrogen gas which was carrying out occlusion.

[0093]

Then, a control section 400 inputs the detection result from a pressure sensor 21, and judges whether the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 has become more than reference pressure  $P_{ref}$  (step S208). Here, as reference pressure  $P_{ref}$ , about 0.8 to 0.9 MPa is set up, for example.

[0094]

As a result of a judgment, when the pressure  $P_h$  of hydrogen gas is lower than reference pressure  $P_{ref}$ , it stands by until it repeats the above-mentioned judgment and becomes 1st more than reference pressure  $P_1$ . If the pressure  $P_h$  of hydrogen gas has become more than reference pressure  $P_{ref}$ , while a control section 400 will close the shut bulb 10 of the main stream passage 50 among hydrogen gas passageways and opening the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 on the contrary, the switch bulb 24 is made into the 3rd mode among circulating-water-flow ways (step S210).

[0095]

Thereby, the hydrogen storing metal alloy tank 300 emits the hydrogen gas which was carrying out occlusion to the hydrogen storing metal alloy, and as shown in an arrow head h3, the emitted hydrogen gas passes along the branch discharge-current way 56 and a juncture 53, and is supplied to a fuel cell 200. The supplied hydrogen gas is used in a fuel cell 200 for power generating.

[0096]

Then, a control section 400 inputs the detection result from a pressure sensor 21, and it adjusts it so that the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 may turn into reference pressure  $P_{ref}$  mostly based on it (step S212). By adjusting the temperature of the cooling water supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 from a fuel cell 200 as the method of adjustment, the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is controlled, and the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 is adjusted.

[0097]

In addition, as a method of adjusting the temperature of cooling water, it carries out like \*\*\*\* by changing the opening of the bulb in the switch bulb 24 used as the 3rd mode.

That is, it circulates in both path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, the branch passage 60, the hydrogen storing metal alloy tank 300, the branch passage 60, and the main stream passage 58 after cooling water comes out of a fuel cell 200 like an arrow head w1, when the switch bulb 24 became the 3rd mode, and path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, a radiator 500, and the main stream passage 58 after coming out of a fuel cell 200 like an arrow head w2. Then, in the switch bulb 24, the temperature of the cooling water supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 is adjusted by changing the opening of a bulb moderately and adjusting the flow rate of the cooling water which turns around the branch passage 60, and the flow rate of cooling water around which it turns to a radiator 500.

[0098]

Then, even if it performs pressure regulation which the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 declined and described above, when the pressure  $P_h$  of hydrogen gas cannot maintain reference pressure  $P_{ref}$ , (step S214) and a control section 400 emit all the hydrogen gas in which the hydrogen storing metal alloy tank 300 was carrying out occlusion, and judge it as what would be in the state of the sky.

[0099]

And a control section 400 makes the switch bulb 24 the 1st mode among circulating-water-flow ways while it closes the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 among hydrogen gas passageways and opens the shut bulb 10 of the main stream passage 50 (step S212). And an occlusion flag is taken down in order to show that the hydrogen storing metal alloy tank 300 became empty (step S216).

[0100]

By the above, a series of playback actuation shown in drawing 5 is ended, and it returns to normal operation.

[0101]



In this way, since a hydrogen storing metal alloy will not emit hydrogen gas even if it pours warm cooling water on the hydrogen storing metal alloy tank 300 as mentioned above if the hydrogen storing metal alloy tank 300 will be in the state of the sky, the passage which the pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300 does not become high, therefore consists of the branch passage 60 and the hydrogen storing metal alloy tank 300 can be used as bypass passage.

[0102]

Here, this example is compared with the example of a comparison shown in drawing 8 . Drawing 8 is the block diagram showing the fuel cell structure of a system as an example of a comparison over this example. In drawing 8 , the same sign is attached about the same component as drawing 1 .

[0103]

If the example of a comparison shown in this example and drawing 8 is compared, since the passage which consists of the branch passage 60 and the hydrogen storing metal alloy tank 300 like \*\*\*\* can be used as bypass passage, by this example, the bypass passage 62 with which the example of a comparison is equipped will become unnecessary. Moreover, the mode in which cooling water is poured at a radiator 500 in the example of a comparison in order to switch the flow of cooling water (namely, mode which connects Path a with Path b), The mode in which cooling water is poured to the bypass passage 62 (namely, mode which connects Path a with Path c), The mode in which cooling water is not poured to a radiator 500 and the bypass passage 62 (namely, the path a the paths b and c mode which it has in any and not dropping off), Although it has the modulating valve 27 in order to have the bypass valve 25 which \*\*\*\* and also to adjust the flow rate of the cooling water which flows to the hydrogen storing metal alloy tank 300 In this example, since the function of these bulbs 25 and 27 is given to the switch bulb 24, the number of bulbs is reducible.

[0104]

Therefore, in this example, the weight of the whole fuel cell system, a monopoly space, and cost are mitigable with reduction of these bypass path or bulbs.

[0105]

Moreover, in the example of a comparison, as drawing 8 is shown in an arrow head h4, the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 passes along the branch passage 55, the branch point 52, and the main stream passage 50, and is supplied to a fuel cell 200. Since a regulator 14 exists between the branch point 52 and the feed hopper of a fuel cell 200 at this time, in order to supply hydrogen gas to a fuel cell 200 from the hydrogen storing metal alloy tank 300, sufficient pressure Pref1 which exceeds the pressure loss in a regulator 14 is needed as a pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300. On the other hand, in this example, as drawing 1 was shown in the arrow head h3, the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 passes along the branch discharge-current way 56 and a juncture 53, and

is supplied to a fuel cell 200. since [ therefore, ] a regulator does not exist from the hydrogen storing metal alloy tank 300 all over the passage from emission opening to the feed hopper of a fuel cell 200 -- the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 -- a certain degree -- even if it is the low pressure  $P_{ref2}$  ( $<P_{ref1}$ ), hydrogen gas can be supplied to a fuel cell 200 from the hydrogen storing metal alloy tank 300. And since the juncture 53 is formed near the feed hopper of a fuel cell 200, the passage length from emission opening of the hydrogen storing metal alloy tank 300 to the feed hopper of a fuel cell 200 also becomes short, and the pressure loss resulting from passage length can be suppressed.

[0106]

Drawing 6 is explanatory drawing showing the relation of the pressure and hydrogen storage capacity in the hydrogen storing metal alloy tank 300. In drawing 6, an axis of ordinate is a pressure inside the hydrogen storing metal alloy tank 300, and a horizontal axis is the amount (hydrogen storage capacity) of the hydrogen gas by which occlusion is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300. Moreover,  $P_{tl}$  shows relation in case the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is  $T_{tl}$ , and  $P_{th}$  shows the relation at the time of  $T_{th}$  ( $> T_{tl}$ ) when the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is higher than  $T_{tl}$ .

[0107]

In drawing 6, the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is low, for example, when it is  $T_{tl}$ , the relation between a pressure and a hydrogen storage capacity becomes like  $P_{tl}$ . Therefore, when the hydrogen gas by which occlusion was carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 is emitted in the example of a comparison shown in drawing 8, a fuel cell 200 is supplied and the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 will amount to  $P_{ref1}$  since supply of the hydrogen gas to a fuel cell 200 becomes impossible if the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 is less than  $P_{ref1}$  as mentioned above, it is judged that the hydrogen storing metal alloy tank 300 would be in the state of the sky. However, there are still many hydrogen storage capacities in this time as  $N1$ . Therefore, in the example of a comparison, the total amount (the amount of possible occlusion) which can carry out occlusion of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 by the time it will be in a full condition from the state of the sky will decrease with  $K1$ . For this reason, in order to increase this amount of possible occlusion from  $K1$  to  $K2$ , it is necessary to make the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 the relation between raising, a pressure, and a hydrogen storage capacity in  $P_{th}$  set to  $T_{th}$  higher than it from  $T_{tl}$ . That is, since it will be judged that a hydrogen storage capacity can be set to  $N2$  [ fewer than  $N1$  ] ( $<N1$ ), and is the state of the sky in these  $N2$  when the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 amounts to  $P_{ref1}$  if the relation between a pressure and a hydrogen storage capacity in  $P_{th}$  becomes, the amount of possible occlusion can be increased to  $K2$ . However, in order to raise the temperature of

the hydrogen storing metal alloy tank 300 from Ttl to Tth, there is a problem that excessive time amount and energy start.

[0108]

On the other hand, in this example, hydrogen gas can be supplied to a fuel cell 200 until it reaches a pressure Pref2, even if the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 becomes lower than Pref1. Therefore, even if the temperature of the hydrogen storing metal alloy tank 300 was as low as Ttl and the relation between a pressure and a hydrogen storage capacity was Ptl, when the pressure of the hydrogen storing metal alloy tank 300 amounts to Pref2, it will be judged that the hydrogen storage capacity could be set to little N3 (<N3), and would be from N1 in the state of the sky by these N3. Therefore, the amount of possible occlusion can be set to K3, and it can increase rather than the case where it is an example of a comparison.

[0109]

Thus, it is saying that saying that the amount of possible occlusion is large has the large total amount of the pyrexia at the time of carrying out occlusion of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300, and generating heat. Therefore, in this example, rather than the case of the example of a comparison, since the total amount of the pyrexia from the hydrogen storing metal alloy tank 300 can be enlarged, the temperature up of the part and a fuel cell 200 can be brought forward.

[0110]

D. Cooling actuation :

By the way, although the temperature of a fuel cell 200 is maintained at stationary temperature in normal operation since the cooling water which circulates through a fuel cell 200 will be cooled in a radiator 500 if the switch bulb 24 of a circulating water flow way is the 2nd mode as mentioned above. When using it for summer, temperature of a fuel cell 200 may be unable to be maintained at stationary temperature only by cooling according the vehicles carrying such a fuel cell system to the radiator 500 which was described above.

[0111]

Then, in the fuel cell system of this example, the cooling actuation for cooling a fuel cell 200 using the hydrogen storing metal alloy tank 300 is explained below using drawing 7. Drawing 7 is a flow chart which shows the procedure of the cooling actuation in the fuel cell system of drawing 1.

[0112]

In addition, this cooling actuation is a thing of the playback actuation mentioned above instead performed. Moreover, fundamentally, since this cooling actuation is the same as playback actuation, it is explained to details about a different portion.

[0113]

Initiation of the cooling actuation shown in drawing 7 at the time of normal operation judges whether as for the control section 400, the occlusion flag which shows first that

occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 stands (step S302). If the occlusion flag does not stand as a result of the judgment, since cooling which the hydrogen storing metal alloy tank 300 is the state of the sky, and used the hydrogen storing metal alloy tank 300 cannot be performed, the cooling actuation shown in drawing 7 is ended.

[0114]

If the occlusion flag stands as a result of the judgment, since occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, cooling actuation shown in drawing 7 is continued.

[0115]

Next, a control section 400 inputs the detection result from a coolant temperature sensor 26, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water is more than the cooling reference temperature  $T_{co}$  (step S304). Here, as a cooling reference temperature  $T_{co}$ , about 80 degrees C or more are set up, for example.

[0116]

As a result of a judgment, when the temperature  $T_w$  of cooling water is lower than the cooling reference temperature  $T_{co}$ , it stands by until the temperature  $T_w$  of cooling water becomes high and becomes more than the cooling reference temperature  $T_{co}$ . Then, if the temperature  $T_w$  of cooling water becomes more than the cooling reference temperature  $T_{co}$ , in order to cool a fuel cell 200, a control section 400 makes the switch bulb 24 the 1st mode among circulating-water-flow ways (step S306).

[0117]

In a heat exchange system, if the switch bulb 24 serves as the 1st mode, after cooling water comes out of a fuel cell 200 like an arrow head w1, it will circulate through it in the path which returns to a fuel cell 200 through the main stream passage 58, the branch passage 60, the hydrogen storing metal alloy tank 300, the branch passage 60, and the main stream passage 58.

[0118]

Therefore, in a fuel cell 200, the heat generated according to electrochemical reaction is away taken with the cooling water through which it circulates, and is transmitted to the hydrogen storing metal alloy tank 300 from a fuel cell 200. On the other hand, the hydrogen storing metal alloy tank 300 is heated by the transmitted heat, temperature becomes high and the pressure of a riser and the interior also emits the hydrogen gas which was carrying out occlusion of the hydrogen storing metal alloy.

[0119]

Then, a control section 400 inputs the detection result from a pressure sensor 21, and judges whether the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 has become more than reference pressure  $P_{ref}$  (step S308).

[0120]

As a result of a judgment, when the pressure  $P_h$  of hydrogen gas is lower than reference

pressure  $P_{ref}$ , it stands by until it becomes more than reference pressure  $P_{ref}$ . Then, if the pressure  $P_h$  of hydrogen gas becomes more than reference pressure  $P_{ref}$ , a control section 400 will close the shut bulb 10 of the main stream passage 50 among hydrogen gas passageways, and will open the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 (step S310).

[0121]

Thereby, the hydrogen storing metal alloy tank 300 emits the hydrogen gas which was carrying out occlusion to the hydrogen storing metal alloy, and as shown in an arrow head h3, the emitted hydrogen gas passes along the branch discharge-current way 56 and a juncture 53, and is supplied to a fuel cell 200. The supplied hydrogen gas is used in a fuel cell 200 for power generating.

[0122]

In case a hydrogen storing metal alloy emits hydrogen gas, in order that it may produce endothermic reaction and may absorb heat, heat is taken from the cooling water which flows the hydrogen storing metal alloy tank 300 by the hydrogen storing metal alloy tank 300, and the temperature falls. Therefore, to a fuel cell 200, this cooling water that carried out the temperature fall will be returned, and the temperature of a fuel cell 200 falls in it.

[0123]

Then, again, a control section 400 inputs the detection result from a coolant temperature sensor 26, and judges whether the temperature  $T_w$  of cooling water became lower than the cooling reference temperature  $T_{co}$  (step S312).

[0124]

Processing of step S314,316 is repeated until it becomes lower than the cooling reference temperature  $T_{co}$  as a result of a judgment, when the temperature  $T_w$  of cooling water is not lower than the cooling reference temperature  $T_{co}$ .

[0125]

In addition, since processing of steps S314 and S316 is the same as processing of steps S212 and S214 shown in drawing 5, explanation is omitted.

[0126]

Then, if the temperature  $T_w$  of cooling water becomes lower than the cooling reference temperature  $T_{co}$ , a control section 400 will close the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 among hydrogen gas passageways, and will open the shut bulb 10 of the main stream passage 50 (step S320).

[0127]

In addition, even if the pressure  $P_h$  of the hydrogen gas emitted from the hydrogen storing metal alloy tank 300 is maintaining reference pressure  $P_{ref}$ , and the shut bulb 19 of the branch discharge-current way 56 closes the hydrogen storing metal alloy tank 300 in step S320 since it is not the state of the sky while repeating processing of steps S312-S316, the hydrogen gas by which occlusion was carried out still remains in the

hydrogen storing metal alloy tank 300.

[0128]

Therefore, since it is possible to make a fuel cell 200 cool using the hydrogen storing metal alloy tank 300 as long as the hydrogen gas by which occlusion was carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 remains, it returns to processing of step S304.

[0129]

In this way, if the above-mentioned processing will be repeated and it will be in the state of the sky until the hydrogen storing metal alloy tank 300 which is carrying out occlusion of the hydrogen gas will be in the state of the sky, processing of step S216 shown in drawing 5 and the same step S318 will be performed.

[0130]

By the above, a series of cooling actuation shown in drawing 7 is ended, and it returns to normal operation.

[0131]

According to the fuel cell system of this example, when the temperature of a fuel cell 200 is high, the temperature of a fuel cell 200 can be maintained at stationary temperature by cooling a fuel cell 200 using the hydrogen storing metal alloy tank 300 by which occlusion of the hydrogen gas was carried out.

[0132]

E. Modification :

In addition, this invention can be carried out in various modes in the range which is not restricted to the above-mentioned example or the above-mentioned operation gestalt, and does not deviate from the summary.

[0133]

Although the timing to which the temperature  $T_w$  of cooling water reached supply interruption temperature  $T_{tag-\alpha}$  was used as timing which stops supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300, this invention is not limited to this and you may make it determine this timing in the above-mentioned example using the amount of addition of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300. Since there is fixed relation to the temperature rise of the hydrogen storing metal alloy tank 300, the amount of addition of the supplied hydrogen gas calculates the amount of addition of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300 based on the detection result of a flow rate sensor 20 etc., and it is the timing to which the calculated amount of addition reached the amount of aim addition, and it is made set up the amount of aim addition and suspend supply of the hydrogen gas of 300 beforehand. In addition, though natural, the amount of aim addition needs to draw experimentally a value which becomes the warming-up aim temperature  $T_{tag}$  about the temperature (namely, temperature  $T_w$  of cooling water) of a fuel cell by making the sensible heat of the hydrogen storing metal alloy tank 300 transmit to a fuel cell 200 through cooling water after the supply interruption of

hydrogen gas.

[0134]

Although the shut bulb 19 is formed in the branch discharge-current way 56 and closing motion of this shut bulb 19 was controlled by the control section 400, it replaces with this shut bulb 19, and you may make it prepare a check valve in the above-mentioned example. That is, this check valve functions as pouring hydrogen gas from the hydrogen storing metal alloy tank 300 side to an one direction to a fuel cell 200 side, only when the pressure by the side of the hydrogen storing metal alloy tank 300 becomes higher than the pressure by the side of a fuel cell 200. Therefore, if the pressure by the side of the hydrogen storing metal alloy tank 300 becomes higher than the pressure by the side of a fuel cell 200 by preparing a check valve, supply of the hydrogen gas from the hydrogen storing metal alloy tank 300 to a fuel cell 200 will be started automatically, and if it becomes low, since supply of the hydrogen gas will be suspended automatically, the valve control by the control section 400 can be made unnecessary.

[0135]

Although it was made to make it join in the juncture 53 which formed the branch discharge-current way 56 on the main stream passage 50, you may make it make it join within a fuel cell 200 in the above-mentioned example.

[0136]

After making the hydrogen storing metal alloy tank 300 into the state of the sky, he is trying to complete operation by playback actuation during operation of a fuel cell 200 in the above-mentioned example, when occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300 at the time of starting of a fuel cell system.

However, you may make it additional coverage to carry out occlusion of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 further end operation enough in a certain case, even if it is the case where occlusion of the hydrogen gas is carried out to the hydrogen storing metal alloy tank 300, without making the hydrogen storing metal alloy tank 300 into the state of the sky. Also in this case, again, in case a fuel cell system is started, the temperature up actuation mentioned above can be started at any time.

[0137]

Moreover, when performing normal operation and the temperature of a fuel cell 200 falls although it did not return to temperature up actuation after shifting to normal operation, you may make it return to temperature up actuation in the above-mentioned example.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the fuel cell structure of a system as one example of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart which shows the operations sequence at the time of starting in the fuel cell system of drawing 1.

[Drawing 3] It is explanatory drawing showing the temperature change of cooling water

before and after stopping supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[Drawing 4] It is explanatory drawing having shown the temperature change of cooling water before and after stopping supply of the hydrogen gas to the hydrogen storing metal alloy tank 300 by making into a parameter the flow rate Rh of the hydrogen gas supplied to the hydrogen storing metal alloy tank 300, respectively.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows the procedure of the playback actuation in the fuel cell system of drawing 1.

[Drawing 6] It is explanatory drawing showing the relation of the pressure and hydrogen storage capacity in the hydrogen storing metal alloy tank 300.

[Drawing 7] It is the flow chart which shows the procedure of the cooling actuation in the fuel cell system of drawing 1.

[Drawing 8] It is the block diagram showing the fuel cell structure of a system as an example of a comparison over this example.

[Description of Notations]

- 10 -- Shut bulb
- 12 -- Regulator
- 14 -- Regulator
- 16 -- Shut bulb
- 18 -- Shut bulb
- 19 -- Shut bulb
- 20 -- Flow rate sensor
- 21 -- Pressure sensor
- 22 -- Water pump
- 24 -- Bulb
- 25 -- Bypass valve
- 26 -- Coolant temperature sensor
- 27 -- Modulating valve
- 28 -- Coolant temperature sensor
- 50 -- Main stream passage
- 52 -- Branch point
- 53 -- Junction
- 54 -- Branch feeder current way
- 55 -- Branch passage
- 56 -- Branch discharge current way
- 58 -- Main stream passage
- 60 -- Branch passage
- 62 -- Bypass passage
- 64 -- Oxidation gas passageway
- 100 -- High-pressure hydrogen tank



Japanese Publication number : **2004-014213 A**

200 -- Fuel cell

300 -- Hydrogen storing metal alloy tank

400 -- Control section

500 -- Radiator

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-14213

(P2004-14213A)

(43) 公開日 平成16年1月15日 (2004.1.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H01M 8/04

F I

H01M 8/04

J

テーマコード (参考)

5H027

H01M 8/04

X

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2002-163882 (P2002-163882)  
 (22) 出願日 平成14年6月5日 (2002.6.5)

(71) 出願人 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (71) 出願人 000003218  
 株式会社豊田自動織機  
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 藤田 信雄  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 磯貝 嘉宏  
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

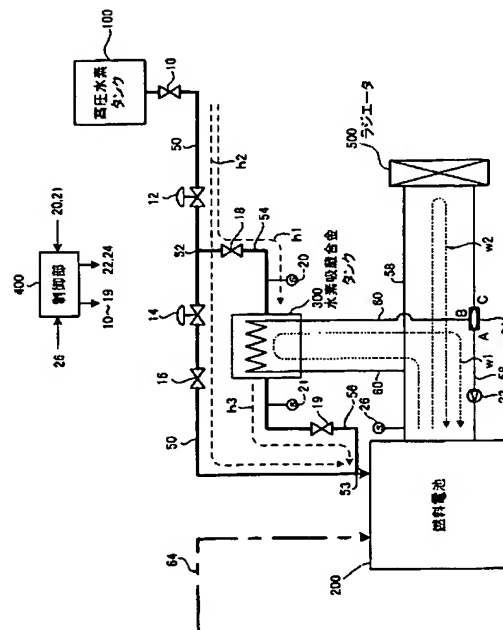
## (57) 【要約】

【課題】 大容量のバッテリーを要することなく、燃料電池の温度を所望の温度にすることができ、エネルギーを効率よく利用することができるようにする。

【解決手段】 高圧水素タンク100から水素吸蔵合金タンク300に水素ガスを供給し、水素吸蔵合金タンク300にその水素ガスを吸蔵させる。水素ガスの吸蔵によって、水素吸蔵合金タンク300は熱を発生するので、その発生した熱を、水素吸蔵合金タンク300と燃料電池200との間で循環する冷却水によって、燃料電池200に伝達する。これにより、燃料電池200の温度を上げることができる。冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ になる前の供給停止温度 $T_{tag}$ に達したタイミングで、水素吸蔵合金タンク300への水素ガスの供給を停止するため、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ に達するまで、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスを供給し続けるような場合に比較して、水素吸蔵合金タンク300に対する水素ガスの供給量を少なくすることができる。

【選択図】

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、  
水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、  
熱交換媒体を前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、  
をさらに備え、  
前記水素タンクから前記水素吸蔵合金タンクに前記水素ガスを供給して、該水素ガスを前記水素吸蔵合金タンクに吸蔵させることにより、該水素吸蔵合金タンクで熱を発生させ、発生したその熱を前記熱交換媒体によって前記燃料電池に伝達させて、該燃料電池の温度を上昇させ、その後、前記燃料電池の温度が目標温度になる前の所定のタイミングで、前記水素タンクから前記水素吸蔵合金タンクへの前記水素ガスの供給を停止すると共に、  
前記所定のタイミングは、前記水素ガスの供給停止後に、前記水素吸蔵合金タンクの顕熱を前記熱交換媒体によって前記燃料電池に伝達させることにより、前記燃料電池の温度を前記目標温度以上に上げることが可能なタイミングに設定されていることを特徴とする燃料電池システム。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記所定のタイミングは、前記燃料電池の温度が、予め設定された、前記目標温度よりも低い供給停止温度に達したタイミングであることを特徴とする燃料電池システム。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記所定のタイミングは、前記水素吸蔵合金タンクに供給された前記水素ガスの積算量が、予め設定された量に達したタイミングであることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 4】

水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、  
水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、  
熱交換媒体を前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、  
前記水素タンクから前記燃料電池に前記水素ガスを供給するための第 1 の水素ガス流路中に設けられ、前記水素ガスを減圧するための少なくとも 2 つのレギュレータと、  
をさらに備え、  
前記燃料電池の発生する熱を前記熱交換媒体によって前記水素吸蔵合金タンクに伝達させることにより、該水素吸蔵合金タンクに吸蔵されている前記水素ガスを放出させ、放出した該水素ガスを前記燃料電池に供給して、前記電力の発生に利用すると共に、  
前記水素吸蔵合金タンクから前記燃料電池に前記水素ガスを供給するための第 2 の水素ガス流路は、前記第 1 の水素ガス流路に、前記燃料電池と、前記第 1 の水素ガス流路中において前記燃料電池に最も近い側のレギュレータと、の間で合流することを特徴とする燃料電池システム。

30

40

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記第 1 の水素ガス流路と前記第 2 の水素ガス流路との合流点は、前記燃料電池の前記水素ガスの供給口の近傍であることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 6】

50

請求項 4 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記第 2 の水素ガス流路中に、前記水素吸蔵合金タンク側の圧力が前記燃料電池側の圧力より高くなったときのみ前記水素ガスを前記水素吸蔵合金タンク側から前記燃料電池側に一方向に流す逆止弁を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、

水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、

熱交換媒体を熱交換媒体流路を介して前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、

をさらに備え、

前記熱交換部は、前記熱交換媒体を強制的に冷却することが可能なラジエータを備えると共に、

前記熱交換媒体流路は、前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクをつなぐ第 1 の熱交換媒体流路及び前記燃料電池と前記ラジエータをつなぐ第 2 の熱交換媒体流路のみから成ることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のうちの任意の 1 つに記載の燃料電池システムを搭載したことを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水素ガスを供給する水素タンクと、水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムに関し、特に、燃料電池の温度を所望の温度にすることが可能な燃料電池システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

高圧水素タンクと、燃料電池と、を備えた燃料電池システムを搭載した車両を、例えば、寒冷地において冬場に使用する場合、周囲温度が極めて低い（例えば、0℃未満）ため、燃料電池システムの起動前には、燃料電池内が凍り付いている（例えば、電解質膜などが凍り付いている）恐れがあり、そのままでは、燃料電池を作動させることができない。従って、燃料電池システムの起動時には、燃料電池の温度を常温（例えば、0℃以上）まで上げて、燃料電池内を解凍させた上で、燃料電池を作動させる必要がある。

【0003】

そのため、従来においては、このような場合に、電気ヒータまたは燃焼ヒータを用いて、燃料電池本体または燃料電池内を循環する冷却水を加熱する方法が採られていた。

【0004】

また、従来においては、燃料電池が作動した後においても、燃料電池の温度が適正な温度までなかなか上がらない場合には、上記したのと同様の方法が採られていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、例えば、電気ヒータを用いる方法では、電気ヒータに電力を供給するために、車両に、大容量のバッテリーを搭載する必要があるという問題があった。

【0006】

また、燃焼ヒータを用いる方法では、燃料電池に供給すべき燃料である水素ガスを燃焼ヒータに供給して燃焼させるため、その分の燃料（すなわち、水素ガス）は単に燃焼に利用されるだけであり、燃料電池における電力発生には何ら利用されないことになる。従って

10

20

30

40

50

、その分の燃料が持つエネルギーは、電力発生観点から見て、損失になってしまうという問題があった。なお、電気ヒータを用いる場合においても、燃料電池によって発生した電力をバッテリーに蓄えた上で、その蓄えた電力を電気ヒータに供給して、電気ヒータを加熱させる場合には、同様の問題が発生する。

【0007】

さらにまた、その他の方法として、燃料電池全体を断熱材等にくるんで、燃料電池を保温する方法も考えられるが、かかる方法では、燃料電池の運転終了後、或る程度の時間は燃料電池の温度を適正な温度に保つことができるが、長時間経過すると、何れは周囲温度まで低下してしまうため、この場合においても、起動時には、燃料電池の温度を適正な温度まで上げる必要がある。

【0008】

従って、本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、大容量のバッテリーを要することなく、燃料電池の温度を所望の温度にすることができ、しかも、エネルギーを効率よく利用することができる燃料電池システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記した目的の少なくとも一部を達成するために、本発明の第1の燃料電池システムは、水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、

水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、

熱交換媒体を前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、をさらに備え、

前記水素タンクから前記水素吸蔵合金タンクに前記水素ガスを供給して、該水素ガスを前記水素吸蔵合金タンクに吸蔵させることにより、該水素吸蔵合金タンクで熱を発生させ、発生したその熱を前記熱交換媒体によって前記燃料電池に伝達させて、該燃料電池の温度を上昇させ、その後、前記燃料電池の温度が目標温度になる前の所定のタイミングで、前記水素タンクから前記水素吸蔵合金タンクへの前記水素ガスの供給を停止すると共に、前記所定のタイミングは、前記水素ガスの供給停止後に、前記水素吸蔵合金タンクの頭熱を前記熱交換媒体によって前記燃料電池に伝達させることにより、前記燃料電池の温度を前記目標温度以上に上げることが可能なタイミングに設定されていることを要旨とする。

【0010】

このように、第1の燃料電池システムでは、水素タンクから水素吸蔵合金タンクに水素ガスを供給して、その水素ガスを水素吸蔵合金タンクに吸蔵させる。水素吸蔵合金は、水素ガスを吸蔵すると、発熱反応を生じるため、水素吸蔵合金タンクは熱を発生する。この発生した熱を熱交換部の循環する熱交換媒体によって燃料電池に伝達させることにより、燃料電池の温度を上昇させる。

【0011】

従って、第1の燃料電池システムによれば、例えば、冬場のように周囲温度が極めて低く、燃料電池システムの起動前に、燃料電池内が凍り付いている場合でも、起動時に、燃料電池の温度を常温まで上げて、燃料電池内を解冻させた上で、燃料電池を作動させることができる。このとき、水素吸蔵合金タンクに水素ガスを吸蔵させる際に発生する熱を利用して、燃料電池の温度を上昇させているので、従来において用いられていた電気ヒータや燃焼ヒータが不要となると共に、大容量のバッテリーも必要としない。

【0012】

また、水素吸蔵合金タンクへの水素ガスの供給を停止する際、燃料電池の温度が目標温度になる前の上記タイミングで停止するため、燃料電池の温度が目標温度に達するまで、水素吸蔵合金タンクに水素ガスを供給し続けるような場合に比較して、水素吸蔵合金タンク

10

20

30

40

50

に対する水素ガスの供給量を少なくすることができる。

【0013】

第1の燃料電池システムにおいて、前記所定のタイミングは、前記燃料電池の温度が、予め設定された、前記目標温度よりも低い供給停止温度に達したタイミングであってもよく、前記水素吸蔵合金タンクに供給された前記水素ガスの積算量が、予め設定された量に達したタイミングであってもよい。

【0014】

このようなタイミングを利用することにより、燃料電池の温度が目標温度になる前に、適正なタイミングで、水素吸蔵合金タンクへの水素ガスの供給を停止させることができる。

【0015】

本発明の第2の燃料電池システムは、水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、

熱交換媒体を前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、前記水素タンクから前記燃料電池に前記水素ガスを供給するための第1の水素ガス流路中に設けられ、前記水素ガスを減圧するための少なくとも2つのレギュレータと、  
をさらに備え、

前記燃料電池の発生する熱を前記熱交換媒体によって前記水素吸蔵合金タンクに伝達させることにより、該水素吸蔵合金タンクに吸蔵されている前記水素ガスを放出させ、放出した該水素ガスを前記燃料電池に供給して、前記電力の発生に利用すると共に、

前記水素吸蔵合金タンクから前記燃料電池に前記水素ガスを供給するための第2の水素ガス流路は、前記第1の水素ガス流路に、前記燃料電池と、前記第1の水素ガス流路中において前記燃料電池に最も近い側のレギュレータと、の間で合流することを要旨とする。

【0016】

従って、第2の燃料電池システムでは、水素吸蔵合金タンクから放出された水素ガスは、レギュレータを通ることなく、燃料電池に供給される。水素吸蔵合金タンクの圧力が低い圧力であっても、水素吸蔵合金タンクから燃料電池に水素ガスを供給することができる。このため、水素吸蔵合金タンクにおける水素ガスの可能吸蔵量を増大させることができ、水素吸蔵合金タンクからの発熱の総量を大きくすることができる。

【0017】

第2の燃料電池システムにおいて、前記第1の水素ガス流路と前記第2の水素ガス流路との合流点は、前記燃料電池の前記水素ガスの供給口の近傍であることが好ましい。

【0018】

このような構成にすることにより、水素吸蔵合金タンク300から燃料電池に至る流路長も短くなり、流路長に起因した圧力損失を抑えることができる。

【0019】

第2の燃料電池システムにおいて、前記第2の水素ガス流路中に、前記水素吸蔵合金タンク側の圧力が前記燃料電池側の圧力より高くなったときのみ前記水素ガスを前記水素吸蔵合金タンク側から前記燃料電池側に一方向に流す逆止弁を備えることが好ましい。

【0020】

このような逆止弁を備えることにより、水素吸蔵合金タンク側の圧力が燃料電池側の圧力より高くなれば、水素吸蔵合金タンクから燃料電池への水素ガスの供給が自動的に開始され、低くなれば、その水素ガスの供給が自動的に停止されるため、制御部などによるバルブ制御を不要とすることができる。

【0021】

本発明の第3の燃料電池システムは、水素ガスを供給する水素タンクと、前記水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えた燃料電池システムであって、

水素吸蔵合金を有し、前記水素タンクから前記水素ガスの供給を受けて該水素ガスを前記水素吸蔵合金で吸蔵したり、該水素吸蔵合金の吸蔵した前記水素ガスを放出して前記燃料電池に供給したりすることが可能な水素吸蔵合金タンクと、  
熱交換媒体を熱交換媒体流路を介して前記燃料電池および前記水素吸蔵合金タンクに循環させて、少なくとも前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとの間で熱交換を行わせることが可能な熱交換部と、

をさらに備え、

前記熱交換部は、前記熱交換媒体を強制的に冷却することが可能なラジエータを備えると共に、

前記熱交換媒体流路は、前記燃料電池と前記水素吸蔵合金タンクとをつなぐ第１の熱交換媒体流路及び前記燃料電池と前記ラジエータをつなぐ第２の熱交換媒体流路のみから成ることを要旨とする。

10

#### 【００２２】

このように、熱交換媒体流路を、燃料電池と水素吸蔵合金タンクをつなぐ第１の熱交換媒体流路と、燃料電池とラジエータをつなぐ第２の熱交換媒体流路と、で構成することにより、第１の熱交換媒体流路を、ラジエータをバイパスするためのバイパス流路として用いることができるので、別途、バイパス流路を必要としない。

#### 【００２３】

なお、本発明は、上記した燃料電池システムなどの態様に限ることなく、そのようなシステムを搭載した車両としての態様で実現することも可能である。

20

#### 【００２４】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

A. 実施例の構成：

B. 昇温動作および通常動作：

C. 再生動作：

D. 冷却動作：

E. 変形例：

#### 【００２５】

A. 実施例の構成：

30

図１は本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示す構成図である。

#### 【００２６】

本実施例の燃料電池システムは、自動車などの車両に搭載されるものであって、主として、水素ガスを供給する高圧水素タンク１００と、水素ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池２００と、水素ガスを吸蔵したり、吸蔵した水素ガスを放出したりする水素吸蔵合金タンク３００と、を備えている。

#### 【００２７】

このうち、高圧水素タンク１００は、内部に高圧の水素ガスを充填しており、根本に取り付けられたシャットバルブ１０を開くと、およそ２０～３５ＭＰａの圧力を有する水素ガスが放出される。

40

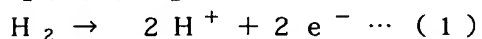
#### 【００２８】

燃料電池２００は、水素を含んだ水素ガスの供給と、酸素を含んだ酸化ガス（例えば、空気）の供給と、を受けて、水素極と酸素極において、下記に示すような反応式に従って、電気化学反応を起こし、電力を発生させている。

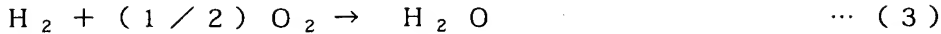
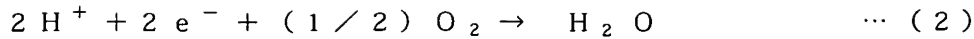
#### 【００２９】

即ち、水素極に水素ガスが、酸素極に酸化ガスがそれぞれ供給されると、水素極側では式（１）の反応が、酸素極側では式（２）の反応がそれぞれ起こり、燃料電池全体としては、式（３）の反応が行なわれる。

#### 【００３０】



50



#### 【0031】

このような燃料電池200を車両の動力源として用いる場合、燃料電池200から発生された電力によって電動機（図示せず）を駆動し、その発生トルクを車軸（図示せず）に伝達して、車両の推進力を得る。

#### 【0032】

また、燃料電池200は、複数の単セルが積層されたスタック構造となっており、1つの単セルは、電解質膜（図示せず）と、それを両側から挟み込む拡散電極（図示せず）である水素極及び酸素極と、さらにそれらを両側から挟み込む2枚のセパレータ（図示せず）と、で構成されている。セパレータの両面には、凹凸が形成されており、挟み込んだ水素極と酸素極との間で、単セル内ガス流路を形成している。このうち、水素極との間で形成される単セル内ガス流路には、前述したごとく供給された水素ガスが、酸素極との間で形成される単セル内ガス流路には、酸化ガスが、それぞれ流れている。

#### 【0033】

水素吸蔵合金タンク300は、内部に水素吸蔵合金（図示せず）を有しており、内部の温度が低温になればなるほど、内部の圧力が下がるため、水素吸蔵合金は水素ガスを吸蔵しやすくなり、内部の温度が高温になればなるほど、内部の圧力が上がるため、水素吸蔵合金は吸蔵した水素ガスを放出しやすくなる。水素吸蔵合金は、水素ガスを吸蔵する際、発熱反応を生じ、熱を発生する。逆に、吸蔵した水素ガスを放出する際には、吸熱反応を生じ、熱を吸収する。従って、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスを吸蔵させる際には、後述する熱交換システムによって、水素吸蔵合金タンク300の内部を冷却し、水素吸蔵合金タンク300から吸蔵した水素ガスを放出させる際には、その熱交換システムによって、水素吸蔵合金タンク300の内部を加熱する。

#### 【0034】

その他、本実施例の燃料電池システムは、図1に示すように、システム内で水素ガスを流通させるための水素ガス流路と、同じくシステム内で酸化ガスを流通させるための酸化ガス流路64と、冷却水を循環させることにより、燃料電池200や水素吸蔵合金タンク300の温度を制御する熱交換システムと、制御部400と、を備えている。

#### 【0035】

このうち、水素ガス流路は、高圧水素タンク100の放出口から分岐点52，合流点53を介して燃料電池200の供給口に至る本流流路50と、分岐点52と水素吸蔵合金タンク300の供給口とをつなぐ支流供給流路54と、水素吸蔵合金タンク300の放出口と合流点53とをつなぐ支流放出流路56と、を備えている。

#### 【0036】

本流流路50には、高圧水素タンク100の放出口と分岐点52との間に、シャットバルブ10と、レギュレータ12と、が配置されており、分岐点52と合流点53との間には、レギュレータ14と、シャットバルブ16と、が配置されている。なお、合流点53は、燃料電池200の供給口の近傍に設けられている。また、支流供給流路54には、シャットバルブ18と、流量センサ20と、が配置されており、支流放出流路56には、シャットバルブ19と、圧力センサ21と、が配置されている。このうち、流量センサ20は、水素吸蔵合金タンク300に供給される水素ガスの流量Rhを検出するセンサである。また、圧力センサ21は、水素吸蔵合金タンク300から放出される水素ガスの圧力Phを検出するセンサである。

#### 【0037】

一方、熱交換システムは、ウォータポンプ22と、ラジエータ500と、冷却水流路と、で構成されている。このうち、冷却水流路は、燃料電池200とラジエータ500とをつなぐ本流流路58と、本流流路58から分岐し水素吸蔵合金タンク300に至る支流流路60と、を備えており、その他の流路は備えていない。これら冷却水流路には、不凍の処理を施した冷却水が流れている。



## 【0038】

本流流路58には、前述したウォーターポンプ22の他、水温センサ26と、切り換えバルブ24と、が配置されている。このうち、水温センサ26は、燃料電池200から放出される冷却水の温度 $T_w$ を検出するセンサである。燃料電池200から放出された直後の冷却水の温度は、燃料電池200の温度とほとんど差がないため、この水温センサ26によって検出される冷却水の温度 $T_w$ を、燃料電池200の温度と見なすことができる。また、切り換えバルブ24は、経路Aを経路Bにつなぐ第1のモード（すなわち、冷却水を支流流路60に流すモード）と、経路Aを経路Cにつなぐ第2のモード（すなわち、冷却水をラジエータ500に流すモード）と、経路Aを経路B、C両方につなぐ第3のモード（すなわち、冷却水を支流流路60とラジエータ500の両方に流すモード）を有している。なお、少なくとも、第3のモードでは、バルブの開度を変化させることにより、支流流路60側に流す冷却水の流量とラジエータ500側に流す冷却水の流量をそれぞれ調整することができる。

10

## 【0039】

また、制御部400は、流量センサ20、圧力センサ21および水温センサ26からの検出結果を入力すると共に、各バルブ10、12、14、16、18、19、24と、ウォーターポンプ22と、をそれぞれ制御する。図1では、図面を見やすくするために、制御線等は省略されている。

## 【0040】

なお、本実施例において、高圧水素タンク100は、本発明における水素タンクに、燃料電池200は、本発明における燃料電池に、水素吸蔵合金タンク300は、本発明における水素吸蔵合金タンクに、熱交換システムは、本発明における熱交換部に、冷却水は、本発明における熱交換媒体に、レギュレータ12、14は、本発明におけるレギュレータに、本流流路50は、本発明における第1の水素ガス流路に、支流放出流路56は、本発明における第2の水素ガス流路に、それぞれ相当している。

20

## 【0041】

B. 昇温動作及び通常動作：

それでは、本実施例の燃料電池システムにおける起動時の動作について、図2を用いて説明する。図2は図1の燃料電池システムにおける起動時の動作手順を示すフローチャートである。

30

## 【0042】

燃料電池システムの起動前、水素ガス流路の全てのシャットバルブ10、16、18、19は閉じている。また、冷却水流路のうち、切り換えバルブ24は第1のモードとなっている他、ウォーターポンプ22も停止している。また、水素吸蔵合金タンク300は、水素ガスを吸蔵していない空の状態となっている。

## 【0043】

そこで、燃料電池システムが起動されると、制御部400は、まず、水素ガス流路のうち、本流流路50のシャットバルブ10を開くと共に、冷却水流路のウォーターポンプ22を駆動する（ステップS102）。シャットバルブ10が開くと、高圧水素タンク100からは水素ガスが放出され、その放出された水素ガスは、本流流路50に至る。また、ウォーターポンプ22が駆動されると、冷却水が流れ始める。

40

## 【0044】

次に、制御部400は、水温センサ26からの検出結果を入力し、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ より低いか否かを判定する（ステップS104）。ここで、暖機目標温度 $T_{tag}$ としては、例えば、氷が溶ける温度である、およそ0℃が設定されている。

## 【0045】

判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ より低い場合には、燃料電池200の温度が低くて、燃料電池200内が凍り付いている恐れがあるので、昇温動作を開始する。

## 【0046】

50

すなわち、制御部 400 は、水素ガス流路のうち、本流流路 50 のシャットバルブ 16 と支流放出流路 56 のシャットバルブ 19 をそれぞれ閉じて、支流供給流路 54 のシャットバルブ 18 を開く。そして、さらに、後述する吸蔵フラグを立てる（ステップ S106）。

#### 【0047】

本流流路 50 のシャットバルブ 16 を閉じて、支流供給流路 54 のシャットバルブ 18 が開くと、高圧水素タンク 100 から放出され、本流流路 50 に至った水素ガスは、矢印 h1 で示すように、分岐点 52 から支流供給流路 54 を通って、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される。

#### 【0048】

なお、本流流路 50 の途中には、1 次減圧用のレギュレータ 12 が設けられており、高圧水素タンク 100 から放出された高圧（すなわち、およそ 20～35 MPa）の水素ガスは、このレギュレータ 12 を通ることによって、およそ 1 MPa 以下減圧されて、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される。

#### 【0049】

一方、水素吸蔵合金タンク 300 は、前述したとおり、水素ガスを吸蔵していない空の状態であり、また、冷却水の温度が暖機目標温度 Ttag より低いということで、周囲温度も低く、水素吸蔵合金タンク 300 の温度も低い状態となっているため、水素吸蔵合金タンク 300 の内部の圧力は非常に低くなっている。

#### 【0050】

従って、水素吸蔵合金タンク 300 におよそ 1 MPa 以下の水素ガスが供給されると、水素吸蔵合金タンク 300 の内部の圧力は非常に低いため、その供給された水素ガスは、水素吸蔵合金タンク 300 内の水素吸蔵合金によって速やかに吸蔵される。こうして、水素吸蔵合金が水素ガスを吸蔵すると、上述したとおり、発熱反応を生じて、熱を発生する。

#### 【0051】

一方、熱交換システムにおいて、切り換えバルブ 24 は、起動時、第 1 のモードとなっているので、冷却水は、矢印 w1 の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58，支流流路 60，水素吸蔵合金タンク 300，支流流路 60，本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路で循環する。

#### 【0052】

従って、水素吸蔵合金タンク 300 で発生した熱は、循環される冷却水によって水素吸蔵合金タンク 300 から燃料電池 200 に伝達されるため、燃料電池 200 は加熱されて、温度を上げることになる。

#### 【0053】

以上のようにして、本実施例の燃料電池システムにおいては、起動時に、高圧水素タンク 100 から放出された水素ガスを水素吸蔵合金タンク 300 に供給して吸蔵させることにより、水素吸蔵合金タンク 300 で熱を発生させ、その発生した熱を熱交換システムによって燃料電池 200 に伝達することにより、燃料電池 200 の温度を上げることができる。

#### 【0054】

また、水素吸蔵合金タンク 300 で発生した熱を循環する冷却水によって燃料電池 200 に伝達して、燃料電池 200 を暖める場合、冷却水自体の温度が低いと、水素吸蔵合金タンク 300 で発生した熱によって冷却水自体も加熱する必要がある。しかし、本実施例の燃料電池システムによれば、熱交換システムにおいて、切り換えバルブ 24 を第 1 のモードにしているため、冷却水は、矢印 w1 に示すような経路でのみ循環し、ラジエータ 500 に流れることはない。従って、冷却水は最小の経路で循環することになるので、循環する冷却水の量も最小となり、そのため、冷却水を加熱するための熱量も少なく済み、短時間で冷却水自体の温度を上げることができる。よって、より少ないエネルギーで燃料電池 200 の温度をより早く上昇させることが可能となる。

#### 【0055】

なお、ステップ S 1 0 6 では、このようにして、高圧水素タンク 1 0 0 から水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に水素ガスが供給され、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に吸蔵されるため、前述した如く、制御部 4 0 0 は、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 が水素ガスを吸蔵したことを示す吸蔵フラグを立てるのである。

#### 【 0 0 5 6 】

次に、制御部 4 0 0 は、流量センサ 2 0 からの検出結果を入力し、予め設定されているマップを用いて、検出された流量  $R_h$  に対応する低減温度  $\alpha$  を決定し、暖機目標温度  $T_{tag}$  とその低減温度  $\alpha$  との差として、供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  を求める（ステップ S 1 0 8）。ここで、供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  とは、高圧水素タンク 1 0 0 から水素吸蔵合金タンク 3 0 0 への水素ガスの供給を停止させるタイミングを決定する温度である。なお、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  と、低減温度  $\alpha$  と、の関係については、後ほど説明する。

10

#### 【 0 0 5 7 】

続いて、制御部 4 0 0 は、再び水温センサ 2 6 からの検出結果を入力し、冷却水の温度  $T_w$  が供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  以上であるか否かを判定する（ステップ S 1 1 0）。判定の結果、冷却水の温度  $T_w$  が供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  に達していなければ、上記判定を繰り返して、供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  に達するまで待機する。

#### 【 0 0 5 8 】

反対に、冷却水の温度  $T_w$  が供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  に達していれば、制御部 4 0 0 は、水素ガス流路のうち、支流供給流路 5 4 のシャットバルブ 1 8 を閉じる（ステップ S 1 1 2）。

20

#### 【 0 0 5 9 】

支流供給流路 5 4 のシャットバルブ 1 8 が閉じると、高圧水素タンク 1 0 0 から支流供給流路 5 4 を通って水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に供給されていた水素ガスは、供給が停止される。水素吸蔵合金タンク 3 0 0 への水素ガスの供給が停止されると、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 内での水素吸蔵合金による水素ガスの吸蔵も停止するため、吸蔵による発熱反応も生じなくなる。しかしながら、熱交換システムにおける切り換えバルブ 2 4 は依然第 1 のモードのままであり、冷却水は燃料電池 2 0 0 と水素吸蔵合金タンク 3 0 0 との間で循環している。また、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 も、それを構成している水素吸蔵合金や容器の熱容量が非常に大きい。そのため、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 において、吸蔵による発熱反応が生じなくなっても、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 が保持していた熱を放出し、その放出された熱（顕熱）が、循環する冷却水を介して水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から燃料電池 2 0 0 に伝達されて、燃料電池 2 0 0 が引き続き加熱されるため、燃料電池 2 0 0 の温度をさらに上げることができる。

30

#### 【 0 0 6 0 】

図 3 は水素吸蔵合金タンク 3 0 0 への水素ガスの供給を停止させる前後における冷却水の温度変化を示す説明図である。図 3 において、横軸は水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に対する水素ガスの供給開始時からの時間を示し、縦軸は冷却水の温度を示している。なお、冷却水の温度としては、実線が燃料電池 2 0 0 から放出される冷却水の温度（燃料電池放出口冷却水温度） $T_w$  であり、破線が水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から放出される冷却水の温度（水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度） $T_w'$  である。また、太線が本実施例の場合であり、細線が後述する比較例の場合である。

40

#### 【 0 0 6 1 】

例えば、ステップ S 1 0 8 で求められた供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  が図 3 に示す如くであるとすると、燃料電池 2 0 0 から放出される冷却水の温度  $T_w$  が、その供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  になった時刻  $t_1$  において、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 への水素ガスの供給は停止される。すると、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 における発熱反応は生じなくなるため、水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度  $T_w'$  は徐々に下降し始めるが、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 の顕熱は、循環される冷却水によって水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から燃料電池 2 0 0 に伝達されるため、燃料電池 2 0 0 はさらに加熱されて、燃料電池放出口冷却水温度  $T_w$

50

wは引き続き上昇することになる。

【0062】

次に、制御部400は、水温センサ26からの検出結果をさらに入力し、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ 以上であるか否かを判定する（ステップS114）。判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ に達していなければ、上記判定を繰り返して、暖機目標温度 $T_{tag}$ に達するまで待機する。

【0063】

一方、判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ に達していれば、燃料電池200の温度も十分高く、効率的な運転が可能のため、通常動作を開始する。

【0064】

すなわち、図3において、時刻 $t_1$ 以降、水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度 $T_w'$ は下降し、燃料電池放出口冷却水温度 $T_w$ は上昇して、循環する冷却水の温度は次第に均一化されてゆき、ついには、暖機目標温度 $T_{tag}$ において、水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度 $T_w'$ と燃料電池放出口冷却水温度 $T_w$ とが一致して、温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ に達する。すると、制御部400は、通常動作を開始するために、水素ガス流路のうち、本流流路50のシャットバルブ16を開く（ステップS116）。

【0065】

このように、支流供給流路54のシャットバルブ18が閉じた状態で、本流流路50のシャットバルブ16が開くと、高圧水素タンク100から放出され、本流流路50に至った水素ガスは、矢印 $h_2$ で示すように、そのまま本流流路50を通して、燃料電池200に供給される。

【0066】

なお、本流流路50の途中には、前述した1次減圧用のレギュレータ12の他に、2次減圧用のレギュレータ14が設けられており、本流流路50をそのまま通る水素ガスは、1次減圧用のレギュレータ12でおおよそ1MPa以下に減圧された後、さらに、2次減圧用のレギュレータ14を通ることによって、最終的に、燃料電池への供給圧力まで減圧されて、燃料電池200に供給される。こうして、高圧水素タンク100から放出された高圧の水素ガスを2段階で減圧することによって、高圧の水素ガスが直接、燃料電池200に供給されないよう、燃料電池200を保護している。

【0067】

また、燃料電池200には、別に、酸化ガス流路64を介して酸化ガスが供給される。

【0068】

こうして、燃料電池200に水素ガスと酸化ガスが供給されると、前述したとおり、燃料電池200は、水素極と酸素極において電気化学反応を起こし、電力を発生させる。なお、このとき起きる電気化学反応は、発熱反応であるため、これによって、燃料電池200の温度は上昇する。

【0069】

ところで、前述したステップS104における判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が暖機目標温度 $T_{tag}$ 以上の場合には、起動開始時において既に燃料電池200の温度も十分高く、効率的な運転が可能のため、昇温動作を開始することなく、通常動作を開始する。

【0070】

具体的には、制御部400は、水素ガス流路のうち、支流供給流路54のシャットバルブ18と支流放出流路56のシャットバルブ19をそれぞれ閉じて、本流流路50のシャットバルブ16を開く（ステップS118）。

【0071】

支流供給流路54のシャットバルブ18が閉じて、本流流路50のシャットバルブ16が開くと、前述したのと同様に、高圧水素タンク100から放出され、本流流路50に至った水素ガスは、矢印 $h_2$ で示すように、そのまま本流流路50を通して、燃料電池200に供給される。

【0072】

10

20

30

40

50

また、燃料電池 200 には、別に、酸化ガス流路 64 を介して酸化ガスが供給されている。

#### 【0073】

このように、燃料電池 200 に水素ガスと酸化ガスが供給されると、燃料電池 200 は、水素極と酸素極において電気化学反応を起こし、電力を発生させる。この電気化学反応は、前述したとおり、発熱反応であるため、燃料電池 200 の温度は上昇する。

#### 【0074】

一方、熱交換システムにおいて、切り換えバルブ 24 は、第 1 のモードのままとなっており、冷却水は、矢印 w1 の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58，支流流路 60，水素吸蔵合金タンク 300，支流流路 60，本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路で循環する。冷却水の温度  $T_w$  が定常温度よりまだ低い場合に、ラジエータ 500 側に冷却水を回すと、冷却水の温度  $T_w$  が上がっていかないのである。

#### 【0075】

ステップ S118 の処理を行う場合、昇温動作は行っていないので、水素吸蔵合金タンク 300 は、水素ガスを吸蔵していない空の状態のままである。このため、水素吸蔵合金タンク 300 に或る程度温かい冷却水を流しても、水素吸蔵合金は水素ガスを放出しないので、水素吸蔵合金タンク 300 の内部の圧力が高くなることはない。従って、このように、支流流路 60 および水素吸蔵合金タンク 300 から成る流路を、ラジエータ 500 をバイパスするための、いわゆるバイパス流路として用いることができる。

#### 【0076】

以上によって、図 2 に示した一連の起動時の動作を終了する。

#### 【0077】

こうして通常動作に移行した後、制御部 400 は、水温センサ 26 を介して冷却水の温度  $T_w$  を監視しながら、燃料電池 200 の温度上昇に伴い、冷却水の温度  $T_w$  が定常温度まで上昇したら、切り換えバルブ 24 を第 1 のモードから第 2 のモードに切り換える。これにより、冷却水は、矢印 w2 の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58，ラジエータ 500，本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路で循環する。この結果、燃料電池 200 によって昇温された冷却水は、ラジエータ 500 において冷却されるため、冷却水の温度  $T_w$ 、延いては燃料電池 200 の温度を定常温度に保つことができる。

#### 【0078】

以上のように、本実施例においては、燃料電池 200 から放出される冷却水の温度  $T_w$  が、暖機目標温度  $T_{tag}$  ではなく、それよりも低減温度  $\alpha$  だけ低い、供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  に達したら、水素吸蔵合金タンク 300 に対する水素ガスの供給を停止するようにしている。そのため、図 3 に細線で示した比較例の如く、冷却水の温度  $T_w$  が暖機目標温度  $T_{tag}$  に達するまで、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスを供給し続けるような場合に比較して、水素吸蔵合金タンク 300 に対する水素ガスの供給量を少なくすることができる。

#### 【0079】

すなわち、図 3 において、比較例（細線）では、水素ガス供給開始時から冷却水の温度  $T_w$  が暖機目標温度  $T_{tag}$  に達する時刻  $t_2$  までの間、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスが供給されることになるが、本実施例（太線）では、水素ガス供給開始時から、時刻  $t_2$  よりも早い時刻  $t_1$  までの間しか、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスが供給されないため、単位時間当たりの水素ガスの供給量、すなわち、流量が同じであれば、本実施例では、時間  $t_2 - t_1$  の間に供給される分の水素ガスの供給量を、比較例よりも少なくすることができる。

#### 【0080】

よって、このように、本実施例では、水素ガスの供給量が少なくて済む分、水素吸蔵合金タンク 300 における水素吸蔵合金の量も少なくてよいため、水素吸蔵合金タンク 300 の重量低減や小型化を図ることができ、車両への搭載性に優れたものとなる。

#### 【0081】

次に、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  と、低減温度  $\alpha$  と、の関係について説明する。図 4 は水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  をパラメータとして、水素吸蔵合金タンク 300 への水素ガスの供給を停止させる前後における冷却水の温度変化をそれぞれ示した説明図である。図 4 において、横軸は水素吸蔵合金タンク 300 に対する水素ガスの供給開始時からの時間を示し、縦軸は冷却水の温度を示している。なお、冷却水の温度としては、図 3 の場合と同様に、実線が燃料電池 200 から放出される冷却水の温度（燃料電池放出口冷却水温度） $T_w$  であり、破線が水素吸蔵合金タンク 300 から放出される冷却水の温度（水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度） $T_w'$  である。また、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  は、 $R_{h1}$ 、 $R_{h2}$ 、 $R_{h3}$  の順に小さくなっている（ $R_{h1} > R_{h2} > R_{h3}$ ）。 10

#### 【0082】

一般に、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  が大きくなるほど、水素吸蔵合金タンク 300 での発熱量は大きくなるため、図 4 に示すように、水素吸蔵合金タンク放出口冷却水温度  $T_w'$  は、流量  $R_h$  が大きいほど、時間に対する変化量が大きくなっている。また、そのため、燃料電池放出口冷却水温度  $T_w$  の方も、同様に、時間に対する変化量が大きくなっている。

#### 【0083】

本実施例においては、予め、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  毎に、図 4 に示すような冷却水の温度特性を用意し、水素吸蔵合金タンク 300 への水素ガスの供給停止後に、冷却水の温度が均一化した場合に、その温度（すなわち、 $T_w$ ）が暖機目標温度  $T_{tag}$  になるような、低減温度  $\alpha$  を実験的に求めて、流量  $R_h$  と低減温度  $\alpha$  との関係を表すマップを作成する。 20

#### 【0084】

そして、制御部 400 は、そのマップを用いて、流量  $R_h$  から低減温度  $\alpha$  を決定し、供給停止温度  $T_{tag} - \alpha$  を求めるようにしている。

#### 【0085】

C. 再生動作：

次に、本実施例の燃料電池システムにおいて、水素吸蔵合金タンク 300 に吸蔵された水素ガスを燃料電池 200 で再利用するための再生動作について、図 5 を用いて説明する。図 5 は図 1 の燃料電池システムにおける再生動作の手順を示すフローチャートである。 30

#### 【0086】

前述したとおり、通常動作時では、水素ガス流路のうち、本流流路 50 のシャットバルブ 10、16 は開いているが、支流供給流路 54 のシャットバルブ 18 と支流放出流路 56 のシャットバルブ 19 は閉じている。また、冷却水流路のうち、切り換えバルブ 24 は第 1 または第 2 のモードとなっている。

#### 【0087】

このような通常動作時において、図 5 に示す再生動作が開始されると、制御部 400 は、まず、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスが吸蔵されていることを示す吸蔵フラグが立っているか否かを判定する（ステップ S202）。判定の結果、吸蔵フラグが立っていないければ、水素吸蔵合金タンク 300 には水素ガスが吸蔵されておらず、空の状態であるので、そのまま、図 5 に示す再生動作を終了する。 40

#### 【0088】

判定の結果、吸蔵フラグが立っていれば、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスが吸蔵されているので、図 5 に示す再生動作を続行する。

#### 【0089】

次に、制御部 400 は、水温センサ 26 からの検出結果を入力し、冷却水の温度  $T_w$  が再生開始温度  $T_{rc}$  以上であるか否かを判定する（ステップ S204）。ここで、再生開始温度  $T_{rc}$  としては、例えば、およそ 50～80℃が設定されている。

#### 【0090】

判定の結果、冷却水の温度  $T_w$  が再生開始温度  $T_{rc}$  より低い場合には、上記判定を繰り返す。 50

返して、再生開始温度  $T_{rc}$  に達するまで待機する。反対に、冷却水の温度  $T_w$  が再生開始温度  $T_{rc}$  に達していれば、制御部 400 は、冷却水流路のうち、切り換えバルブ 24 を第 1 のモードにする（ステップ S206）。

#### 【0091】

熱交換システムにおいて、切り換えバルブ 24 が第 1 のモードとなると、冷却水は、矢印  $w_1$  の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58、支流流路 60、水素吸蔵合金タンク 300、支流流路 60、本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路で循環する。

#### 【0092】

このとき、冷却水の温度  $T_w$  は再生開始温度  $T_{rc}$  を超えており、燃料電池 200 において、電気化学反応により発生した熱は、循環される冷却水によって、燃料電池 200 から水素吸蔵合金タンク 300 に伝達されるため、水素吸蔵合金タンク 300 は加熱されて、温度を上げることになる。この結果、水素吸蔵合金タンク 300 の内部の圧力は高くなって、水素吸蔵合金は、吸蔵していた水素ガスを放出する。

#### 【0093】

そこで、制御部 400 は、圧力センサ 21 からの検出結果を入力し、水素吸蔵合金タンク 300 から放出される水素ガスの圧力  $P_h$  が基準圧力  $P_{ref}$  以上になっているか否かを判定する（ステップ S208）。ここで、基準圧力  $P_{ref}$  としては、例えば、およそ 0.8 ~ 0.9 MPa が設定されている。

#### 【0094】

判定の結果、水素ガスの圧力  $P_h$  が基準圧力  $P_{ref}$  より低い場合には、上記判定を繰り返して第 1 の基準圧力  $P_1$  以上になるまで待機する。反対に、水素ガスの圧力  $P_h$  が基準圧力  $P_{ref}$  以上になっていれば、制御部 400 は、水素ガス流路のうち、本流流路 50 のシャットバルブ 10 を閉じて、支流放出流路 56 のシャットバルブ 19 を開くと共に、冷却水流路のうち、切り換えバルブ 24 を第 3 のモードにする（ステップ S210）。

#### 【0095】

これにより、水素吸蔵合金タンク 300 は、水素吸蔵合金に吸蔵していた水素ガスを放出し、放出された水素ガスは、矢印  $h_3$  に示すように、支流放出流路 56、合流点 53 を通って、燃料電池 200 に供給される。供給された水素ガスは、燃料電池 200 において、電力発生のために利用される。

#### 【0096】

その後、制御部 400 は、圧力センサ 21 からの検出結果を入力し、それに基づいて、水素吸蔵合金タンク 300 から放出される水素ガスの圧力  $P_h$  がほぼ基準圧力  $P_{ref}$  となるように調整する（ステップ S212）。調整の方法としては、燃料電池 200 から水素吸蔵合金タンク 300 に供給される冷却水の温度を調整することにより、水素吸蔵合金タンク 300 の温度を制御して、水素吸蔵合金タンク 300 から放出される水素ガスの圧力  $P_h$  を調整する。

#### 【0097】

なお、冷却水の温度を調整する方法としては、上述の如く、第 3 のモードとなった切り換えバルブ 24 におけるバルブの開度を変化させることにより行う。すなわち、切り換えバルブ 24 が第 3 のモードとなったことにより、冷却水は、矢印  $w_1$  の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58、支流流路 60、水素吸蔵合金タンク 300、支流流路 60、本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路と、矢印  $w_2$  の如く、燃料電池 200 から出た後、本流流路 58、ラジエータ 500、本流流路 58 を介して燃料電池 200 に戻る経路の両方で循環する。そこで、切り換えバルブ 24 において、バルブの開度を適度に変化させ、支流流路 60 を回る冷却水の流量とラジエータ 500 へ回る冷却水の流量とを調整することにより、水素吸蔵合金タンク 300 に供給される冷却水の温度を調整する。

#### 【0098】

その後、水素吸蔵合金タンク 300 から放出される水素ガスの圧力  $P_h$  が低下してきて、

10

20

30

40

50

上記したような圧力調整を行っても、水素ガスの圧力  $P_h$  が基準圧力  $P_{ref}$  を維持できない場合に（ステップ S 2 1 4）、制御部 4 0 0 は、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 が吸蔵していた水素ガスを全て放出してしまい、空の状態になったものと判断する。

【0 0 9 9】

そして、制御部 4 0 0 は、水素ガス流路のうち、支流放出流路 5 6 のシャットバルブ 1 9 を閉じて、本流流路 5 0 のシャットバルブ 1 0 を開くと共に、冷却水流路のうち、切り換えバルブ 2 4 を第 1 のモードにする（ステップ S 2 1 2）。そして、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 が空になったことを示すために、吸蔵フラグを下ろす（ステップ S 2 1 6）。

【0 1 0 0】

以上によって、図 5 に示した一連の再生動作を終了し、通常動作に戻る。

10

【0 1 0 1】

こうして、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 が空の状態になれば、前述したとおり、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 に温かい冷却水を流しても、水素吸蔵合金は水素ガスを放出しないので、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 の内部の圧力が高くなることはなく、従って、支流流路 6 0 および水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から成る流路を、バイパス流路として用いることができる。

【0 1 0 2】

ここで、本実施例を、図 8 に示す比較例と比較する。図 8 は本実施例に対する比較例として燃料電池システムの構成を示す構成図である。図 8 において、図 1 と同一の構成要素については、同一の符号が付してある。

20

【0 1 0 3】

本実施例と図 8 に示す比較例とを比較すると、本実施例では、上述の如く、支流流路 6 0 および水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から成る流路をバイパス流路として利用することができるため、比較例が備えるようなバイパス流路 6 2 は不要となる。また、比較例では、冷却水の流れを切り換えるために、冷却水をラジエータ 5 0 0 に流すモード（すなわち、経路 a を経路 b につなぐモード）と、冷却水をバイパス流路 6 2 に流すモード（すなわち、経路 a を経路 c につなぐモード）と、冷却水をラジエータ 5 0 0 にもバイパス流路 6 2 にも流さないモード（すなわち、経路 a を経路 b, c 何れにもつながないモード）と、を有するバイパスバルブ 2 5 を備える他、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 へ流れる冷却水の流量を調整するために、調整バルブ 2 7 を備えているが、本実施例では、これらのバルブ 2 5, 2 7 の機能を、切り換えバルブ 2 4 に持たしているため、バルブの数を削減することができる。

30

【0 1 0 4】

よって、本実施例では、これらバイパス経路やバルブの削減により、燃料電池システムの全体の重量、専有スペース、コストを軽減することができる。

【0 1 0 5】

また、比較例では、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から放出された水素ガスは、図 8 において矢印 h 4 に示すように、支流流路 5 5, 分岐点 5 2, 本流流路 5 0 を通って、燃料電池 2 0 0 に供給される。このとき、分岐点 5 2 と燃料電池 2 0 0 の供給口との間には、レギュレータ 1 4 が存在するため、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から燃料電池 2 0 0 に水素ガスを供給するには、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 の圧力として、レギュレータ 1 4 での圧力損失を上回るような十分な圧力  $P_{ref1}$  が必要となる。これに対し、本実施例では、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から放出された水素ガスは、図 1 において矢印 h 3 に示したように、支流放出流路 5 6, 合流点 5 3 を通って、燃料電池 2 0 0 に供給される。従って、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から放出口から燃料電池 2 0 0 の供給口に至る流路中にはレギュレータが存在しないため、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 の圧力が、或る程度低い圧力  $P_{ref2}$  ( $< P_{ref1}$ ) であっても、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 から燃料電池 2 0 0 に水素ガスを供給することができる。しかも、合流点 5 3 は、燃料電池 2 0 0 の供給口の近傍に設けられているため、水素吸蔵合金タンク 3 0 0 の放出口から燃料電池 2 0 0 の供給口に至る流路長も短くなり、流路長に起因した圧力損失を抑えることができる。

40

50



## 【0106】

図6は水素吸蔵合金タンク300における圧力と水素吸蔵量との関係を示す説明図である。図6において、縦軸は水素吸蔵合金タンク300の内部の圧力であり、横軸は水素吸蔵合金タンク300に吸蔵される水素ガスの量（水素吸蔵量）である。また、 $P_{t1}$ は水素吸蔵合金タンク300の温度が $T_{t1}$ の時の関係を示し、 $P_{th}$ は水素吸蔵合金タンク300の温度が $T_{t1}$ よりも高い $T_{th}$  ( $> T_{t1}$ )の時の関係を示している。

## 【0107】

図6において、水素吸蔵合金タンク300の温度が低く、例えば、 $T_{t1}$ の場合、圧力と水素吸蔵量との関係は $P_{t1}$ のごとくになる。従って、図8に示す比較例において、水素吸蔵合金タンク300に吸蔵された水素ガスを放出して燃料電池200に供給する場合、前述したとおり、水素吸蔵合金タンク300の圧力が $P_{ref1}$ を下回ると、燃料電池200への水素ガスの供給ができなくなるため、水素吸蔵合金タンク300の圧力が $P_{ref1}$ に達した時点で、水素吸蔵合金タンク300は空の状態になったと判断される。しかし、この時点での水素吸蔵量は、 $N1$ と未だ多い。従って、比較例では、空の状態から満杯の状態になるまでの間に、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスを吸蔵することができる総量（可能吸蔵量）は、 $K1$ と少なくなってしまう。このため、この可能吸蔵量を $K1$ から $K2$ に増やそうとするには、水素吸蔵合金タンク300の温度を $T_{t1}$ からそれよりも高い $T_{th}$ に上げ、圧力と水素吸蔵量との関係が $P_{th}$ となるようにする必要がある。すなわち、圧力と水素吸蔵量との関係が $P_{th}$ となれば、水素吸蔵合金タンク300の圧力が $P_{ref1}$ に達した時点で、水素吸蔵量は $N1$ よりも少ない $N2$  ( $< N1$ )とすることができ、この $N2$ で空の状態であると判断されることになるので、可能吸蔵量を $K2$ に増やすことができる。しかしながら、水素吸蔵合金タンク300の温度を $T_{t1}$ から $T_{th}$ に上げるために、余分な時間やエネルギーがかかるという問題がある。

## 【0108】

これに対し、本実施例では、水素吸蔵合金タンク300の圧力が、 $P_{ref1}$ より低くなっても、圧力 $P_{ref2}$ に達するまでは、燃料電池200に水素ガスを供給することができる。従って、水素吸蔵合金タンク300の温度が $T_{t1}$ と低く、圧力と水素吸蔵量との関係が $P_{t1}$ であったとしても、水素吸蔵合金タンク300の圧力が $P_{ref2}$ に達した時点で、水素吸蔵量は $N1$ よりも少ない $N3$  ( $< N3$ )とすることができ、この $N3$ で空の状態になったと判断されることになる。従って、可能吸蔵量を $K3$ とすることができ、比較例の場合よりも増やすことができる。

## 【0109】

このように可能吸蔵量が大きいと言うことは、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスを吸蔵させ、熱を発生させる際の発熱の総量が大きいと言うことである。従って、本実施例では、比較例の場合よりも、水素吸蔵合金タンク300からの発熱の総量を大きくすることができるため、その分、燃料電池200の昇温を早めることができる。

## 【0110】

## D. 冷却動作：

ところで、通常動作では、前述したとおり、冷却水流路の切り換えバルブ24が第2のモードになっていれば、燃料電池200を循環する冷却水はラジエータ500において冷却されるため、燃料電池200の温度は定常温度に保たれているが、このような燃料電池システムを搭載した車両を、例えば、夏場に使用する場合、上記したようなラジエータ500による冷却だけでは、燃料電池200の温度を定常温度に保てない場合がある。

## 【0111】

そこで、次に、本実施例の燃料電池システムにおいて、水素吸蔵合金タンク300を利用して燃料電池200を冷却するための冷却動作について、図7を用いて説明する。図7は図1の燃料電池システムにおける冷却動作の手順を示すフローチャートである。

## 【0112】

なお、この冷却動作は、前述した再生動作の代わりに行うものである。また、この冷却動作は、基本的には、再生動作と同様であるので、異なる部分について詳細に説明する。

## 【0113】

通常動作時において、図7に示す冷却動作が開始されると、制御部400は、まず、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスが吸蔵されていることを示す吸蔵フラグが立っているか否かを判定する（ステップS302）。判定の結果、吸蔵フラグが立っていなければ、水素吸蔵合金タンク300は空の状態であって、水素吸蔵合金タンク300を利用した冷却は行えないので、図7に示す冷却動作を終了する。

## 【0114】

判定の結果、吸蔵フラグが立っていれば、水素吸蔵合金タンク300に水素ガスが吸蔵されているので、図7に示す冷却動作を続行する。

## 【0115】

次に、制御部400は、水温センサ26からの検出結果を入力し、冷却水の温度 $T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ 以上であるか否かを判定する（ステップS304）。ここで、冷却基準温度 $T_{co}$ としては、例えば、およそ80℃以上が設定されている。

## 【0116】

判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ より低い場合には、冷却水の温度 $T_w$ が高くなって、その冷却基準温度 $T_{co}$ 以上になるまで待機する。その後、冷却水の温度 $T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ 以上になったら、燃料電池200を冷却するために、制御部400は、冷却水流路のうち、切り換えバルブ24を第1のモードにする（ステップS306）。

## 【0117】

熱交換システムにおいて、切り換えバルブ24が第1のモードとなると、冷却水は、矢印 $w1$ の如く、燃料電池200から出た後、本流流路58、支流流路60、水素吸蔵合金タンク300、支流流路60、本流流路58を介して燃料電池200に戻る経路で循環する。

## 【0118】

従って、燃料電池200において、電気化学反応により発生した熱は、循環される冷却水によって奪い去られ、燃料電池200から水素吸蔵合金タンク300に伝達される。一方、水素吸蔵合金タンク300は、伝達された熱によって加熱されて温度が上がり、内部の圧力も高くなって、水素吸蔵合金は、吸蔵していた水素ガスを放出する。

## 【0119】

そこで、制御部400は、圧力センサ21からの検出結果を入力し、水素吸蔵合金タンク300から放出される水素ガスの圧力 $P_h$ が基準圧力 $P_{ref}$ 以上になっているか否かを判定する（ステップS308）。

## 【0120】

判定の結果、水素ガスの圧力 $P_h$ が基準圧力 $P_{ref}$ より低い場合には、基準圧力 $P_{ref}$ 以上になるまで待機する。その後、水素ガスの圧力 $P_h$ が基準圧力 $P_{ref}$ 以上になったら、制御部400は、水素ガス流路のうち、本流流路50のシャットバルブ10を閉じて、支流放出流路56のシャットバルブ19を開く（ステップS310）。

## 【0121】

これにより、水素吸蔵合金タンク300は、水素吸蔵合金に吸蔵していた水素ガスを放出し、放出された水素ガスは、矢印 $h3$ に示すように、支流放出流路56、合流点53を通じて、燃料電池200に供給される。供給された水素ガスは、燃料電池200において、電力発生のために利用される。

## 【0122】

水素吸蔵合金は、水素ガスを放出する際に、吸熱反応を生じ、熱を吸収するため、水素吸蔵合金タンク300を流れる冷却水は、水素吸蔵合金タンク300により熱を奪われて、その温度は低下する。従って、燃料電池200には、この温度低下した冷却水が戻されることになり、燃料電池200の温度は下がる。

## 【0123】

続いて、制御部400は、再び、水温センサ26からの検出結果を入力し、冷却水の温度

10

20

30

40

50

$T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ より低くなったか否かを判定する（ステップS312）。

【0124】

判定の結果、冷却水の温度 $T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ より低くない場合には、その冷却基準温度 $T_{co}$ より低くなるまで、ステップS314、316の処理を繰り返す。

【0125】

なお、ステップS314、S316の処理は、図5に示したステップS212、S214の処理と同様であるので、説明は省略する。

【0126】

その後、冷却水の温度 $T_w$ が冷却基準温度 $T_{co}$ より低くなったら、制御部400は、水素ガス流路のうち、支流放出流路56のシャットバルブ19を閉じて、本流流路50のシャットバルブ10を開く（ステップS320）。 10

【0127】

なお、ステップS312～S316の処理を繰り返す間は、水素吸蔵合金タンク300から放出される水素ガスの圧力 $P_h$ が基準圧力 $P_{ref}$ を維持しており、水素吸蔵合金タンク300は空の状態になっていないので、ステップS320において、支流放出流路56のシャットバルブ19が閉じて、水素吸蔵合金タンク300には吸蔵された水素ガスがまだ残っている。

【0128】

従って、水素吸蔵合金タンク300に吸蔵された水素ガスが残っている限り、水素吸蔵合金タンク300を利用して燃料電池200を冷却させることは可能であるので、ステップS304の処理に戻る。 20

【0129】

こうして、水素ガスを吸蔵している水素吸蔵合金タンク300が空の状態になるまで、上記した処理が繰り返され、空の状態になったら、図5に示したステップS216と同様のステップS318の処理を実行する。

【0130】

以上によって、図7に示した一連の冷却動作を終了し、通常動作に戻る。

【0131】

本実施例の燃料電池システムによれば、燃料電池200の温度が高い場合には、水素ガスの吸蔵された水素吸蔵合金タンク300を利用して、燃料電池200を冷却することにより、燃料電池200の温度を定常温度に保つことができる。 30

【0132】

E. 変形例：

なお、本発明は上記した実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様にて実施することが可能である。

【0133】

上記した実施例においては、水素吸蔵合金タンク300への水素ガスの供給を停止させるタイミングとして、冷却水の温度 $T_w$ が供給停止温度 $T_{tag-\alpha}$ に達したタイミングを用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、水素吸蔵合金タンク300へ供給される水素ガスの積算量を用いてこのタイミングを決定するようにしてもよい。供給された水素ガスの積算量は、水素吸蔵合金タンク300の温度上昇と一定の関係があるため、予め、目標積算量を設定しておき、水素吸蔵合金タンク300に供給された水素ガスの積算量を、流量センサ20の検出結果などを基にして求め、その求めた積算量が、目標積算量に達したタイミングで、300への水素ガスの供給を停止するようにする。なお、当然ながら、目標積算量は、水素ガスの供給停止後に、水素吸蔵合金タンク300の顕熱を冷却水を介して燃料電池200に伝達させることにより、燃料電池の温度（すなわち、冷却水の温度 $T_w$ ）を暖機目標温度 $T_{tag}$ になるような値を実験的に導く必要がある。 40

【0134】

上記した実施例においては、支流放出流路56にシャットバルブ19を設け、このシャッ 50

トバルブ 19 の開閉を制御部 400 によって制御するようにしたが、このシャットバルブ 19 に代えて、逆止弁を設けるようにしてもよい。すなわち、この逆止弁は、水素吸蔵合金タンク 300 側の圧力が燃料電池 200 側の圧力より高くなったときのみ水素ガスを水素吸蔵合金タンク 300 側から燃料電池 200 側へ一方向に流すように機能する。従って、逆止弁を設けることにより、水素吸蔵合金タンク 300 側の圧力が燃料電池 200 側の圧力より高くなれば、水素吸蔵合金タンク 300 から燃料電池 200 への水素ガスの供給が自動的に開始され、低くなれば、その水素ガスの供給が自動的に停止されるため、制御部 400 によるバルブ制御を不要とすることができる。

#### 【0135】

上記した実施例においては、支流放出流路 56 を主流流路 50 上に設けた合流点 53 で合流させるようにしたが、燃料電池 200 内で合流させるようにしてよい。

#### 【0136】

上記した実施例においては、燃料電池システムの起動時に、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスを吸蔵した場合、燃料電池 200 の運転中に、再生動作によって、水素吸蔵合金タンク 300 を空の状態にしてから、運転が終了するようにしている。しかしながら、水素吸蔵合金タンク 300 に水素ガスを吸蔵した場合であっても、水素吸蔵合金タンク 300 に、さらに水素ガスを吸蔵する余裕が十分ある場合には、水素吸蔵合金タンク 300 を空の状態にすることなく、運転を終了するようにしても良い。この場合においても、再度、燃料電池システムを起動する際に、いつでも、上述した昇温動作を開始することができる。

#### 【0137】

また、上記した実施例においては、通常動作に移行した後は、昇温動作に戻ることはなかったが、通常動作を行っている際でも、燃料電池 200 の温度が低下するような場合には、昇温動作に戻るようにしても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示す構成図である。

【図 2】図 1 の燃料電池システムにおける起動時の動作手順を示すフローチャートである。

【図 3】水素吸蔵合金タンク 300 への水素ガスの供給を停止させる前後における冷却水の温度変化を示す説明図である。

【図 4】水素吸蔵合金タンク 300 に供給される水素ガスの流量  $R_h$  をパラメータとして、水素吸蔵合金タンク 300 への水素ガスの供給を停止させる前後における冷却水の温度変化をそれぞれ示した説明図である。

【図 5】図 1 の燃料電池システムにおける再生動作の手順を示すフローチャートである。

【図 6】水素吸蔵合金タンク 300 における圧力と水素吸蔵量との関係を示す説明図である。

【図 7】図 1 の燃料電池システムにおける冷却動作の手順を示すフローチャートである。

【図 8】本実施例に対する比較例として燃料電池システムの構成を示す構成図である。

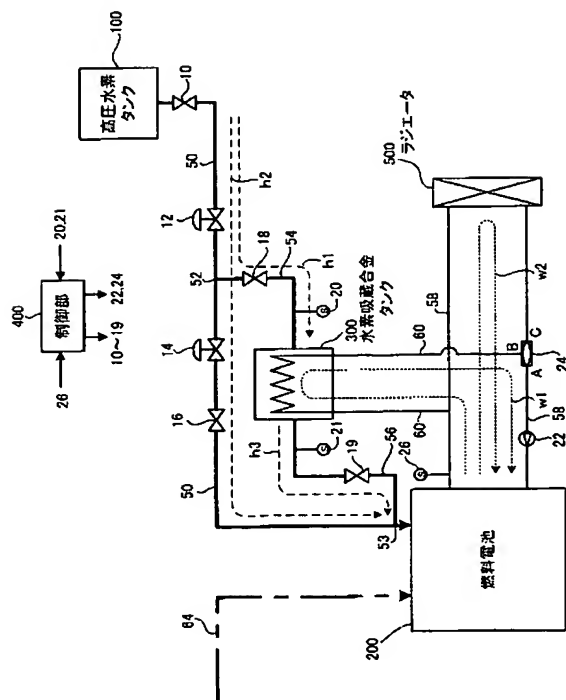
#### 【符号の説明】

- 10 … シャットバルブ
- 12 … レギュレータ
- 14 … レギュレータ
- 16 … シャットバルブ
- 18 … シャットバルブ
- 19 … シャットバルブ
- 20 … 流量センサ
- 21 … 圧力センサ
- 22 … ウォータポンプ
- 24 … バルブ
- 25 … バイパスバルブ

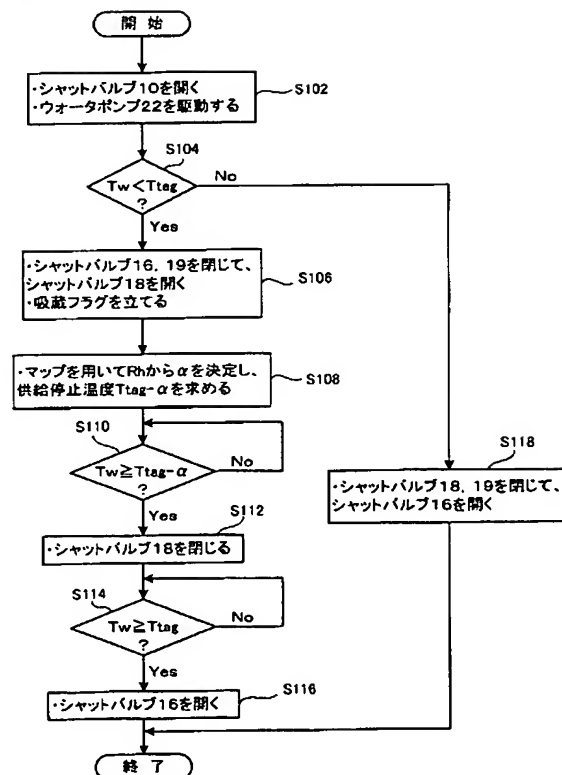
- 2 6 … 水温センサ
- 2 7 … 調整バルブ
- 2 8 … 水温センサ
- 5 0 … 本流流路
- 5 2 … 分岐点
- 5 3 … 合流点
- 5 4 … 支流供給流路
- 5 5 … 支流流路
- 5 6 … 支流放出流路
- 5 8 … 本流流路
- 6 0 … 支流流路
- 6 2 … バイパス流路
- 6 4 … 酸化ガス流路
- 1 0 0 … 高圧水素タンク
- 2 0 0 … 燃料電池
- 3 0 0 … 水素吸蔵合金タンク
- 4 0 0 … 制御部
- 5 0 0 … ラジエータ

10

【図 1】

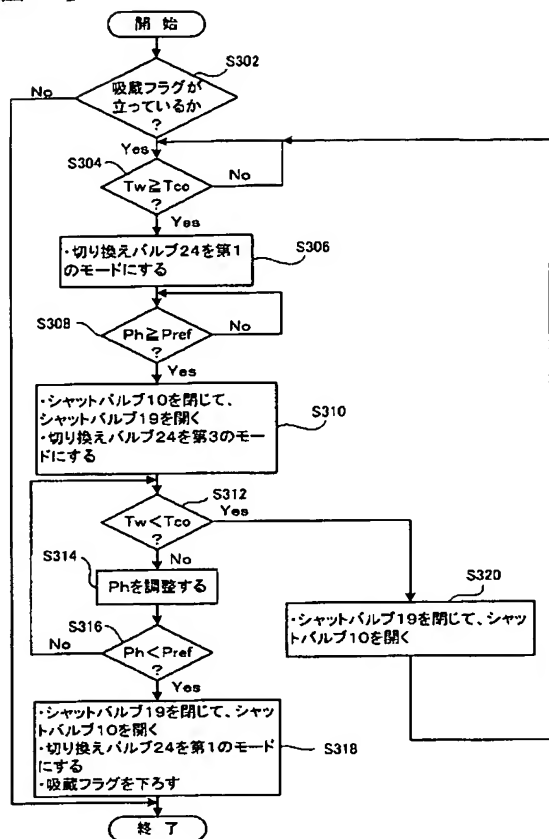


【図 2】

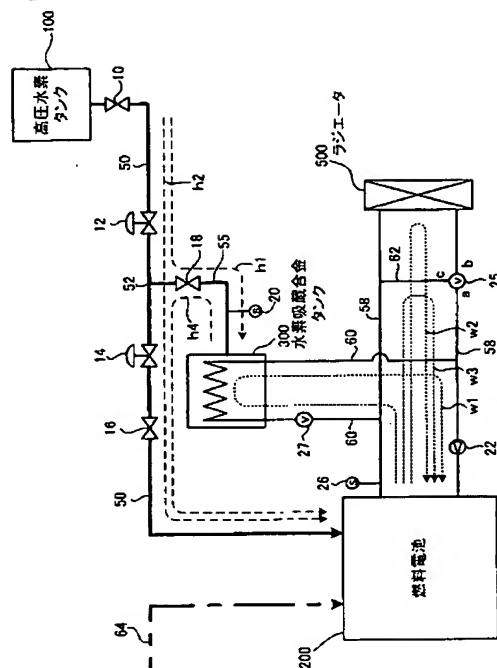




【图 7】



【圖 8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 久保 秀人

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内

Fターム(参考) 5H027 AA02 BA13 BA14 CC06 MM09